De Kannonnen van Nazare

Taak 2

Zeeschatten

Land: NLD

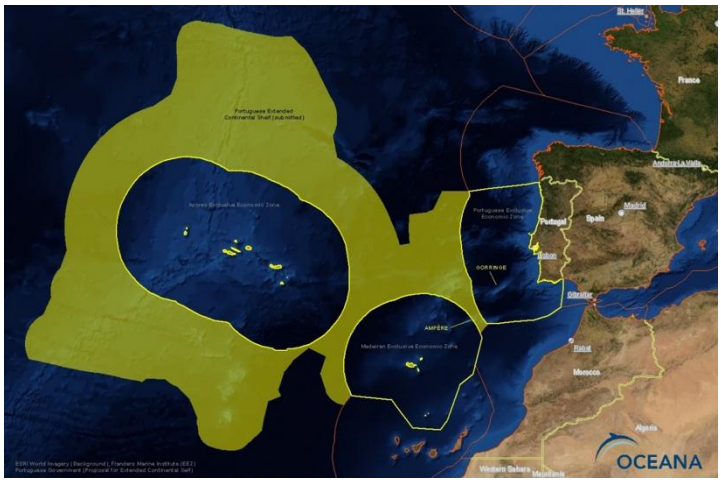
Team: A

ZEESCHATTEN

Introductie

Portugal beschikt over een economische zeestrook (territoriale zee) van 1,7 miljoen km^2. Dit is de 3^e grootste zeestrook binnen de EU en de 11^e grootste in de wereld. Sinds 2017 is Portugal voorstander van de uitbreiding van de zeestrook van 200 zeemijlen, hetgeen een verdubbeling betekent van het huidige maritieme territorium van Portugal.

Het oppervlak van het (vaste)land van Portugal bedraagt 92 duizend km^2; de uitbreiding van de territoriale zeegrens met 350 zeemijlen betekent dat de zeestrook van Portugal een oppervlakte krijgt die 40 keer groter is dan die van het (vaste)land.



De Portugese economische zeestrook (territoriale zee) heeft een oppevlakte van 327.667 km^2; de Azoren en Madeira respectievelijk 953,633 km^2 en 446,108 km^2). In totaal dus: 1.727.408 km^2 (figuur ontleend aan Oceana, https://eu.oceana.org)

De territoriale zee is belangrijk vanwege de daarin aanwezige zeeschatten. Denk aan (golf)energie, biodiversiteit en biotechnologie. Dit was ook wat Vasco en Isabel ontdekten tijdens een zomercursus bij een maritiem onderzoekscentrum in de omgeving van Lissabon. Tijdens deze zomercursus bezochten Vasco en Isabel een prototype van een open-zee golfgenerator. Zij raakten daarbij geïnteresseerd in de energieopwekking uit golfbewegingen. Zij ontdekten daarbij ook de aanwezigheid van een ecosysteem rondom de generator en verzamelden daarvan verschillende biologische monsters. Ze analyseerden deze monsters op biodiversiteit en dachten na over de toepassingsmogelijkheden.

Jullie gaan Vasco en Isabel laten zien hoe je energie kunt halen uit golfbewegingen. Daarvoor gebruiken jullie een point absorber golfgenerator. Verder laten jullie zien hoe je de biodiversiteit bij een open-zee golfgenerator kunt onderzoeken door een aantal experimenten uit te voeren met daar getrokken biologische monsters en hoe je daarmee uitspraken kunt doen over de biotechnologische mogelijkheden.

Deze taak bestaat uit de onderstaande 3 onderdelen:

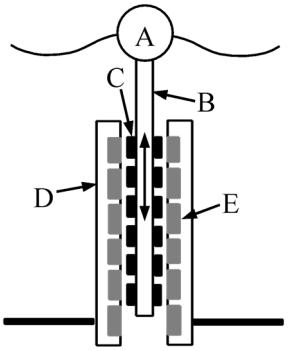
Opdracht 2 - 1 – Golfgenerator	120 punten
Opdracht 2 - 2 – Zee-ecosystemen: biodiversiteit en 'resources'	120 punten
Opdracht 2 - 3 – Biotechnologische toepassingen van groene en rode algen.	120 punten

OPDRACHT 2 - 1.: DE GOLFGENERATOR

Inleiding

De Onderzoekers van het Maritiem Centrum gaven Vasco en Isabel een overzicht van golfenergie.

"Wind over het oceaanoppervlak wekt golven op. Golven planten trillingen van het water voort over uitgestrekte oceaangebieden. Als gevolg daarvan bewegen drijvende voorwerpen op en neer en voor- en achterwaarts samen met het water. Golven dragen veel energie met zich mee. Een breed scala van toestellen om energie uit golven te halen is in ontwikkeling. De zogenoemde "point absorber wave-generator", hier kortweg golfgenerator genoemd, is ontworpen om energie te halen uit verticale oscillaties van het wateroppervlak in de open oceaan. Deze energie wordt gebruikt om elektromechanische energie-omzetters aan te drijven die elektrische energie opwekken."



Figuur 2 - 1 – Schema voor een verticale dwarsdoorsnede van een golfgenerator: bewegende boei (A), translator (B), magneet (C), stator (D), spoel (E).

Vasco en Isabel zouden graag weten hoe zo'n generator werkt! Jij gaat hen dus helpen door enkele experimenten uit te voeren. Om deze experimenten voor te bereiden moet je eerst de fysica erachter leren.

Veranderingen van het magnetisch veld in een gesloten, geleidende lus wekken een spanning op in de lus en een inductiestroom – elektrische energie wordt opgewekt. Dit fysisch fenomeen wordt elektromagnetische inductie genoemd.

Het magnetisch veld van een cilindrische staafmagneet van het neodymium type is heel sterk bij de polen (uiteinden van de cilinder) en neemt snel af met de afstand. Als we zo'n magneet op en neer bewegen, volgens de richting van zijn as, door het oppervlak van een geleidende lus, zullen de veranderingen van het magnetisch veld in de buurt van de lus elektrische stroom opwekken in de lus. De stroomsterkte is groter als de magneet snel beweegt door een korte spoel. Met een opstelling van spoelen en magneten kan nog meer elektrische energie opgewekt worden! In dit soort generator zijn er twee belangrijke structuren (zie figuur 2 – 1): de buisvormige "stator" en de "translator". De stator bestaat uit een vaste rij spoelen, waarin een set van permanente magneten op en neer bewegen met de translator, wanneer een zware boei, verbonden met de top van de translator, op en neer beweegt met de golven op het wateroppervlak.

Het generatormodel dat jij gaat maken zal slechts **één statische spoel** en **twee verbonden staafmagneten** hebben die meebewegen met de **mechanische trillingen van een verticaal massa-veersysteem** (in plaats van de verticale trillingen van het wateroppervlak). Dit model zal je toelaten om Vasco en Isabel te tonen hoe zo'n generator werkt en de invloed van verschillende trillingen op de opgewekte energie te onderzoeken. Maar eerst moeten de mechanische trillingen van een massa-veersysteem geanalyseerd worden. Dat is het doel van het eerste experiment.

2 - 1.1. Kenmerken van het massa-veersysteem

Het massa-veersysteem bestaat uit een elastische veer die verticaal opgehangen wordt aan één uiteinde en een voorwerp met massa (M), bevestigd aan de veer onderaan (zie Figuur 2 – 2). De massa is in rust bij evenwicht. Door de veer verticaal uit te rekken, wordt er energie overgedragen naar het systeem. De overgedragen energie is

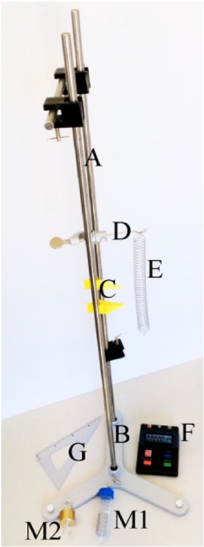
$$E_{\text{elast}} = \frac{1}{2}\, k\, A^2 \,.$$

waarin k de veerconstante is en A de afstand waarover de veer uitgerekt werd (en de uitwijking van het voorwerp uit zijn evenwichtstand). Wanneer het systeem losgelaten wordt, begint het voorwerp op en neer te bewegen. Het tijdsinterval waarna de beweging zich herhaalt, de periode T, kan bepaald worden door de tijd te meten tussen een uiterste stand en de eerstvolgende terugkeer in die uiterste stand. Aangezien het voorwerp en de veer samen op en neer bewegen, hangt T af van de massa van beiden. Voor een gegeven veer met massa m, wordt de periode van elastische trillingen bepaald door de effectieve massaparameter,

$$M_{\text{ef}} = \frac{m}{3} + M \,.$$

Materiaal en apparatuur

- Statief;
- Paar pointers;
- Klem met haak;
- Veer ($m = (14{,}0 \pm 0{,}1)\ g$);
- Een plastic buisje waaraan een draadje hangt en waarin twee staafmagneten zitten, met het label "**M1**" (M1 = (117,5 ± 0,5) g), en een messing voorwerp met twee haken en gelabeld "**M2**" (M2 = (200,0 ± 0,5) g);
- Liniaal;
- Stopwatch.



Figuur 2 – 2 – Apparatuur voor 2 - 1.1: statief (A) en voet (B), een paar aanwijzers voor de veer (C), haakklem (D), veer (E), plastic buisje met draadje en twee staafmagneten (M1), messing voorwerp (M2), stopwatch (F) en liniaal (G).

Gegevens van dit experiment moeten in Tabel 1.1 ingevuld worden op het antwoordblad. De gegevens in de kolom "Set i " karakteriseren een gegeven set van experimentele voorwaarden. De laatste 4 rijen van deze tabel worden niet ingevuld tijdens de meting, maar wel tijdens de analyse van de data (Vragen 1.1.2 en 1.1.4).

Vraag 1.1.1

Het verkrijgen van gegevens voor elke set experimentele voorwaarden (**hieronder gedefinieerd van 1.1.1a tot 1.1.1d**) moet gebeuren als volgt:

- Bevestig het voorwerp aan de veer die verticaal opgehangen is aan de haak, gemonteerd op één van de stangen van het statief.
- Gebruik de aanwijzers op de verticale stangen en de liniaal. Geef de positie van de onderkant van het voorwerp aan met de bovenste aanwijzer en zet de andere aanwijzer op een afstand A eronder. Schrijf de waarde van de afstand A tussen de aanwijzers op.
- Trek het massa-veersysteem verticaal over een afstand A uit naar onder. Laat dan gewoon los (zonder te duwen) om het systeem vrije verticale trillingen te laten uitvoeren (zonder zijdelingse schommelingen). Start de stopwatch om de tijdsspanne t_{10} van 10 perioden te meten. Schrijf de waarde t_{10} in tabel 1.1 op het antwoordblad, op de lijn #1 – deze is de eerste van 3 metingen van t_{10} gemeten onder dezelfde omstandigheden.
- Herhaal voorgaande werkzijze nog twee keer voor een nauwkeuriger resultaat. Schrijf de resultaten van deze metingen (#2 and #3) in tabel 1.1 op het antwoordblad.

Vraag 1.1.1a

Neem M1 voor de eerste set experimentele voowaarden ("Set 1"). Zet de amplitude A voor de trillingen op 3 cm.

- ❖ **Schrijf de data voor "Set 1" in Tabel 1.1 op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.1b

Laat M1 in het massa-veersysteem zitten. Stel de amplitude voor de trillingen in op 2 cm.

- ❖ **Schrijf de data in de kolom "Set 2" in Tabel 1.1 op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.1c

Vervang M1 door M2 in het massa-veersysteem. Stel de amplitude voor de trillingen in op 3 cm.

- ❖ **Schrijf de data in de kolom "Set 3" in Tabel 1.1 op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.1d

Hang M1 aan M2, stel de amplitude voor de trillingen van deze set massa's in op 3 cm.

- ❖ **Schrijf de data in de kolom "Set 4" in Tabel 1.1 op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.2

Bereken voor elke set experimentele voorwaarden: de gemiddelde waarde $\overline{t_{10}}$, de periode T en de effectieve massaparameter M_{ef}.

- ❖ **Vul je resultaten in de 3 overeenkomstige rijen van tabel 1.1. in.**

Vraag 1.1.3

Welke van de volgende verbanden (waarbij k de veerconstante is) geeft het best je resultaten weer?

(1) $T = \frac{k}{2\pi}\frac{A}{M_{\text{ef}}}$

(2) $T = \frac{2\pi}{k} A\, M_{\text{ef}}$

(3) $T^2 = \frac{4\pi^2}{k} M_{\text{ef}}$

(4) $T^2 = \frac{4\pi^2}{k}\frac{M_{\text{ef}}}{A}$

(5) $T^2 = \frac{4\pi^2}{k} A\, M_{\text{ef}}$

(6) $T^2 = \frac{2\pi}{k}\frac{M_{\text{ef}}}{A}$

- **Omcirkel het nummer van het correcte antwoord op het antwoordblad, in het vak 1.1.3.**

Vraag 1.1.4

Haal de k-waarden uit de verschillende datasets en druk deze uit in N/m.

- **Vul je resultaten in de laatste rij van tabel 1.1 in op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.5

Bereken de gemiddelde waarde voor de veerconstante k.

- **Schrijf je resultaat op het antwoordblad in het vak 1.1.5.**

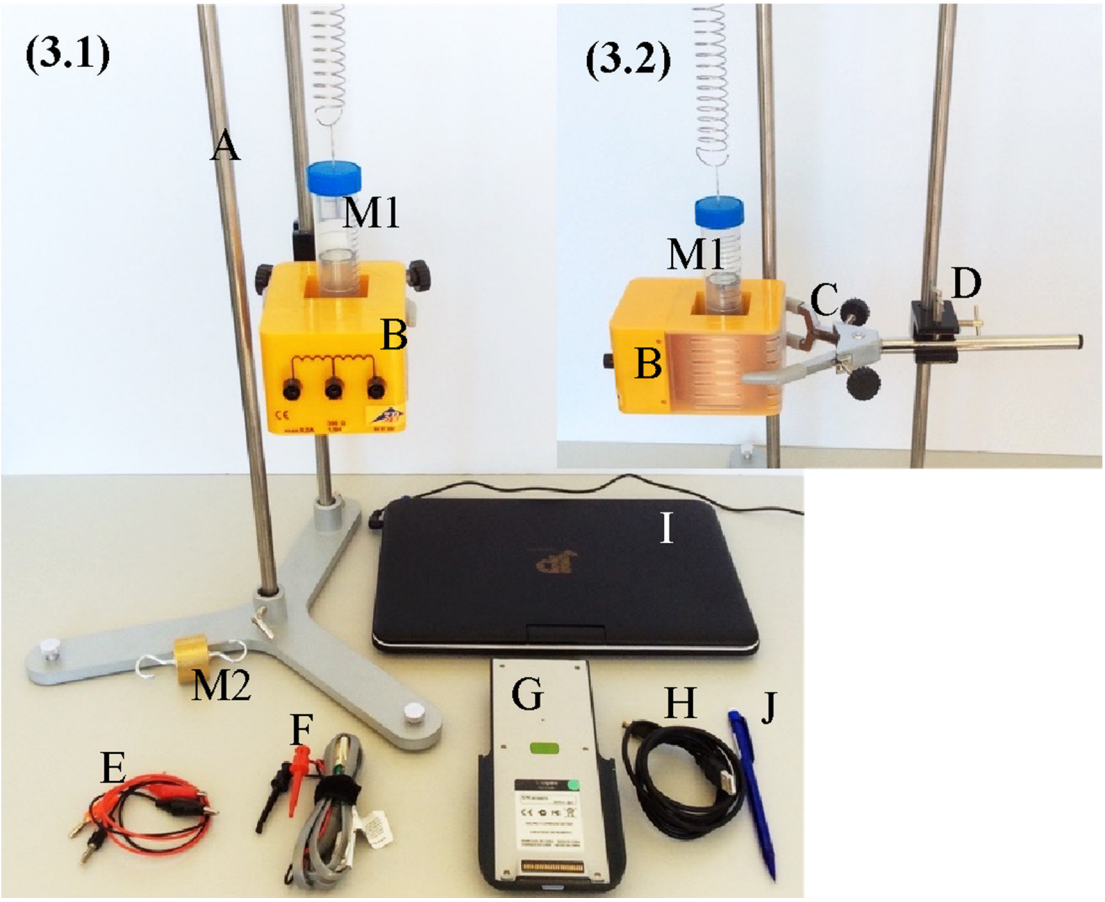
2 - 1.2 Wisselspanning opwekken

In dit experiment zal je je golfgeneratormodel opbouwen en de invloed van de amplitude en de periode van de trillingen op de uitgangsspanning $V_{gen}(t)$ onderzoeken. Deze spanning is een wisselspanning, gekenmerkt door een periode T_V (tijdsinterval voor herhaling) en een spanningsamplitude V_0 (maximale absolute waarde).

Je massa-veersysteem wordt gedempt (de amplitude van de trilling neemt af met de tijd) door de luchtweerstand. Maar deze demping kan verwaarloosd worden in de kleine tijdsintervallen waarin je de spanningen zal analyseren.

Materiaal en uitrusting

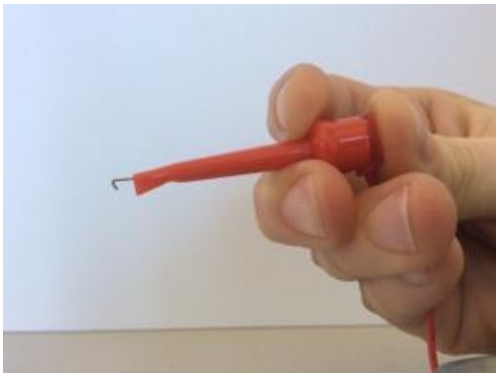
- De opstelling in experiment 2 - 1.1;
- Een spoel met 6000 windingen (tijdens het experiment zullen telkens de 6000 windingen van de spoel gebruikt worden);
- Een 3-vingerige klem om de spoel aan het statief vast te maken met een universele klem;
- Twee geleidende kabels met één bananenstekker en één krokodillenstekker;
- Een spanningssensor/sonde om te verbinden met een data logging Lab Cradle interface;
- Een data logging Lab Cradle interface om te verbinden met een computer, gebruikmakend van een mini USB - USB kabel;
- Computer;
- Vulpotlood.



Figuur 2 - 3 – (3.1) Materialen gebruikt in experiment 2 - 1.2 en (3.2) detail van plaatsing spoel: opstelling gebruikt in 2 - 1.1 (A), spoel (B), drievingerige klem (C), universele klem (D), plastic buisje met een set magneten (M1) in zijn rustpositie, messing voorwerp (M2), geleidende snoeren (E), spanningssensor (F), Lab Cradle interface (G), mini USB - USB kabel (H), computer (I) en vulpotlood (J).

Jouw golfgeneratormodel zal worden aangedreven door de oscillaties van het massa-veer systeem. Om het model op te bouwen begin je met de massa-veer opstelling zoals die gebruikt is in experiment 2 – 1.1. Voeg aan deze opstelling de spoel met 6000 windingen toe door hem vast te maken met een drievingerige klem en een universele klem aan het verticale statief (zie Figuur 2 –3 (3.2)). Deze spoel moet worden geplaatst onder de opgehangen veer. De veeras en as van de lege ruimte van de spoel moeten op dezelfde verticale lijn liggen. Aan de onderkant van de veer ga je M2 en/of M1 (het plastic buisje met de twee staafmagneten) ophangen.

Om de eigenschappen van je golfgenerator te testen ga je eerst de uitgangsspanning van het open circuit onder verschillende oscillatiecondities onderzoeken. Verbind hiertoe de spanningssensor met de uiteinden van de 6000 windingen van de spoel (gebruik hiervoor de kabels met de bananen- en krokodillenstekkers). De metalen contactpunten van de spanningssensor komen tevoorschijn als je op de knop drukt als volgt:



Verbind de spanningssensor met de **lab cradle** interface (**niet aangesloten** op de TI-Nspire calculator) en verbind deze interface met de computer. Log in in de computer met de username en password geschreven op het instructieblad ernaast, en start de software TI-Nspire CX CAS. Instructies voor het werken met het data-acquisitiesysteem en software is gegeven in Appendix 4. Houd tijdens de experimentele activiteiten de software in de Graph view.

Ga als volgt verder: trek de veer omlaag; 2. start data-acquisitie; 3. wacht tot de horizontale referentielijn op het scherm verschijnt; 4. laat de veer los om spanning te gaan genereren. De horizontale lijn geeft je een referentie (0 V) voor je spanningsmetingen. Door te klikken op de verkregen plot en de pijltoetsen te gebruiken kun je de coördinaten van de punten in de grafiek aflezen. Om de aslimieten te veranderen schrijf je een nieuwe waarde over de huidige. In het menu File kun je de knop vinden om je data op te slaan voor latere verwerking.

Vraag 1.2.1

Ga als volgt verder voor elke mechanische oscillatieconditie (**hieronder gedefinieerd van 1.2.1a tot 1.2.1c**), gekarakteriseerd door een periode T en een amplitude A:

- Pas de positie van de ophanghaak voor de veer (en van de klem van de spoel, indien nodig) zodanig aan dat: **één van de magneten in het buisje zich boven de rand van de spoel bevindt en de ander binnen de centrale open ruimte van de spoel** (zie Figuur 2 - 3 – (3.2)): de staafmagneten kunnen verticaal oscilleren langs de as van de spoel.
- Rek de veer naar beneden uit met A. Om A in te stellen kun je gebruik maken van de relatieve positie ten opzichte van de bovenzijde van de spoel. Start data-acquisitie gedurende ongeveer 3 seconden (kies een sampling rate van 200 samples/seconde). Als de referentielijn op de grafiek verschijnt laat je de veer los om verticale oscillaties te krijgen. Op het computerscherm kun je de uitgangsspanning $V_{gen}(t)$ waarnemen.

Vraag 1.2.1a

Stel de eerste mechanische oscillatieconditie (C1) in met massa M1 in het massa-veer systeem en de veer uitgerekt met 3 cm. Analyseer de uitgangsspanning van het golfgeneratormodel in deze C1 conditie.

- **Maak een schets van $V_{gen}(t)$, startend van de referentie en gedurende een tijdsinterval van ongeveer 1 s, in vak 1.2.1a op het antwoordblad (maak ook een schaalindeling op de assen).**
- **Geef in je schets de spanningsperiode T_V en spanningsamplitude V_0 aan.**
- **Noteer de waarden van M, A, T_V en V_0 voor C1 in Tabel 1.2 op het antwoordblad.**

Vraag 1.2.1b

Stel de tweede mechanische oscillatieconditie (C2) in door massa M1 in het massa-veer systeem te behouden en de veer 2 cm uit te rekken. Analyseer de uitgangsspanning van het golfgeneratormodel in deze C2 conditie.

- **Noteer de waarden van M, A, T_V en V_0 voor C2 in Tabel 1.2 op het antwoordblad.**

Vraag 1.2.1c

Stel de derde mechanische oscillatieconditie (C3) in door M1 aan M2 te hangen in het massa-veer systeem en de veer 2 cm uit te rekken. Analyseer de uitgangsspanning van het golfgeneratormodel in deze C3 conditie.

- **Noteer de waarden van M, A, T_V en V_0 voor C3 in Tabel 1.2 op het antwoordblad.**

Vraag 1.2.2

- **Geef in Tabel 1.2. de waarden van de oscillatieperiode T aan voor elk van de drie mechanische oscillatiecondities (C1, C2 en C3).**

Vraag 1.2.3

(1) De periode van de uitgangsspanning van het golfgeneratormodel wordt gegeven door ... [$T_V = aT$ <u>of</u> $T_V = T$ <u>of</u> $T_V = 1/T$ <u>of</u> $T_V = T/a$, waarbij a een getal groter dan 1 is].

(2) De amplitude V_0 van de uitgangsspanning van het golfgeneratormodel neemt toe met... [T <u>of</u> T/A <u>of</u> A/T <u>of</u> A].

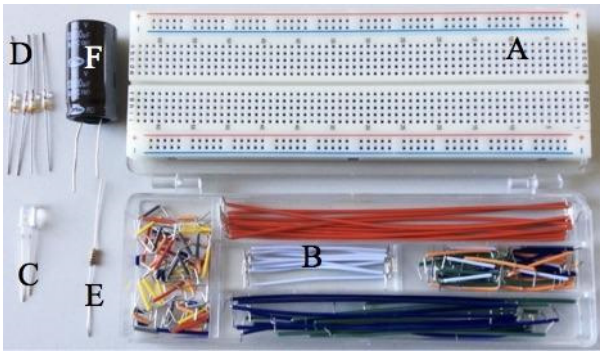
- **Completeer bij vraag 1.2.3 op het antwoordblad de twee vorige zinnen met een van de opties tussen de rechte haken die het beste past bij je resultaten.**

2 - 1.3. Elektrische energie opslaan

Om de energie opgewekt door de golfgenerator (gehaald uit de mechanische oscillaties) te gebruiken, hebben we een energieafnamesysteem nodig. In deze opdracht ga je een eenvoudig afnamesysteem maken voor je golfgeneratormodel. Dit systeem omvat een brug-gelijkrichter en een condensator.

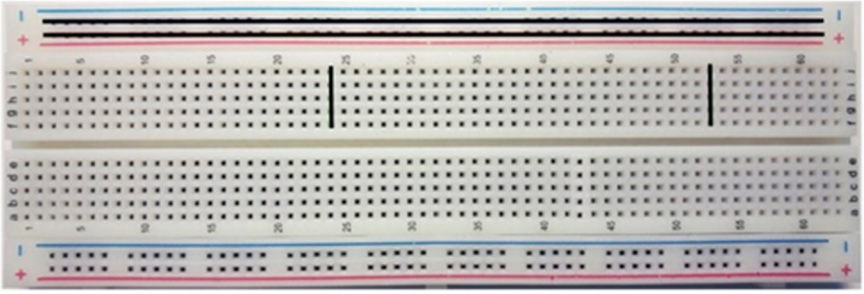
Materialen en apparatuur

- De apparatuur gebruikt in opdracht 2 – 1.2;
- Een breadboard;
- Dunne geleidende draadjes (jumpers);
- Een rode LED;
- 4 germanium diodes;
- Een 1000 Ω weerstand;
- Een 10000 μF elektrolytische condensator (die tot 16 V kan worden opgeladen).



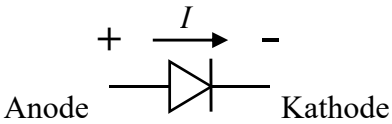
Figuur 2 - 4 – Apparatuur voor de opbouw van het afnamecircuit: breadboard (A), jumpers (B), LED (C), diodes (D), weerstand (E) en condensator (F).

Het breadboard (zie Figuur 2 - 5) is een bordje dat je de mogelijkheid geeft om op een eenvoudige manier het afnamecircuit op te bouwen. De verbindingen tussen de circuitelementen worden gelegd door pinconnectors en verbindingsdraadjes (jumpers) in geschikte gaatjes van het breadboard te steken. Sommige breadboardgaatjes zijn elektrisch verbonden door metaalstrips aan de onderkant van het bordje, zoals is aangegeven in figuur 2 – 5 met de zwarte lijntjes. Naast horizontale lijnen van 5 verbonden gaatjes zijn er ook verticale lijnen van 5 verbonden gaatjes.



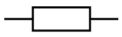
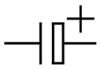
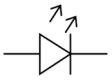
Figuur 2 - 5 – Breadboard voor de opbouw van het elektrisch circuit. De zwarte lijnen tonen een aantal voorbeelden van elektrisch verbonden gaatjes in de bovenste helft (en zo is het ook in de onderste helft).

Een diode is een elektrisch gepolariseerde component met twee aansluitingen – een anode en een kathode (zie het plaatje hieronder). Er kan alleen stroom door de diode lopen als de anode positief is ten opzichte van de kathode (directe polarisatie) en als de externe spanning boven een bepaalde grenswaarde ligt (ongeveer 0,35 V voor de germanium diodes die je gaat gebruiken). Als de polariteit wordt omgedraaid gedraagt de diode zich als een “open schakelaar”. Het elektrische symbool voor een standaard diode is weergegeven in de figuur hieronder, waarin de directe polarisatie en stroomrichting ook is weergegeven. De behuizing van een diode (glas voor germanium diodes) heeft een dikke verfstreep aan één zijde die de kathode aanduidt.



Een condensator is een component die kan worden opgeladen, waarbij elektrische energie wordt opgeslagen. Als een condensator is opgeladen is tot een spanning V_C, is er een energie opslagen gelijk aan $E_C = \frac{1}{2}CV_C^2$, met C de capaciteit, die het vermogen van de condensator weergeeft om elektrische lading op te slaan.

Hieronder staat een tabel met het schematische symbool voor een gepolariseerde condensator en voor andere circuitelementen die je gaat gebruiken, naast belangrijke informatie over deze componenten.

Circuit component	Symbool	Beschrijving
Spoel		Een spoel is een gewikkelde geleidende draad. Veranderingen in de stroom door een spoel veroorzaken variaties van het magneetveld waarbij energieoverdracht plaatsvindt.
Weerstand		Een weerstand is een geleider met een bepaalde weerstandswaarde. Bij een bepaalde spanning is de stroom door de weerstand rechtevenredig met zijn weerstand.
Gepolariseerde condensator		Om een gepolariseerde condensator op te laden dient hij correct geschakeld te worden, met de "+"-aansluiting aangeduid op de component op de hogere potentiaal.
Licht emitterende diode (LED)		Dit is een type diode die licht uitzendt als er een stroom door gaat. De langere aansluiting van de LED is de anode en moet positief gepolariseerd zijn om licht te doen uitzenden.

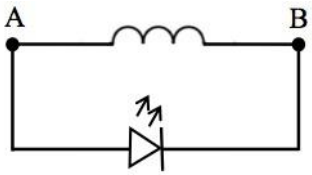
De brug-gelijkrichter

Je golfgeneratormodel kan een wisselstroom leveren (alternating current, AC) die periodiek van richting verandert. Een gelijkstroom (direct current, DC), die slechts in één richting stroomt, moet worden gebruikt om energie op te slaan in een condensator (anders zou de condensator periodiek worden opgeladen en ontladen). Een brug-gelijkrichter is een circuit die wisselstroom omzet in gelijkstroom m.b.v. diodes.

Als je de spanning meet tussen twee punten, verbind de zwarte aansluiting van je spanningssensor met het punt van lagere potentiaal en de rode aansluiting met het punt van hogere potentiaal.

Vraag 1.3.1

Verbind een LED met de spoel met 6000 windingen (gebruik de kabel met bananen- en krokodillenstekkers) zoals hieronder aangegeven.



Verbind één van de spanningssensors met punt A en de andere met punt B. Gebruik M1 en geef een uitwijking $A = 3$ cm (conditie C1 ook gebruikt bij 1.2.2.a) aan het massa-veer systeem. Start de data-acquisitie voor 10 s.

- **Maak een schets van $V_{gen}(t)$, startend vanaf de referentie gedurende een tijdsinterval van ongeveer 3 s in vak 1.3.1. op het antwoordblad (maak ook een schaalindeling op de assen).**
- **Geef in je schets de tijdsintervallen aan die overeenstemmen met de eerste twee LED flitsen.**

Vraag 1.3.2

Vergelijk de schetsen in vak 1.2.1a en 1.3.1 met elkaar. Classificeer elk van de volgende uitspraken als true (T, juist) of false (F, onjuist). Foute antwoorden worden bestraft (-0,5 punt).

(1) Als het golfgeneratormodel wordt verbonden met de LED neemt de periode van $V_{gen}(t)$ af.

(2) Als het golfgeneratormodel wordt verbonden met de LED ondergaat het massa-veer systeem continu demping veroorzaakt door het magnetisch veld opgewekt door de spoel.

(3) Als stroom door de LED gaat wordt enige mechanische energie van het massa-veer systeem overgedragen naar het elektromagnetisch veld van de spoel.

(4) In contrast met het massa-veer systeem zijn zeegolven een continue bron van mechanische energie.

- **Geef de classificaties aan op het antwoordblad, vak 1.3.2.**

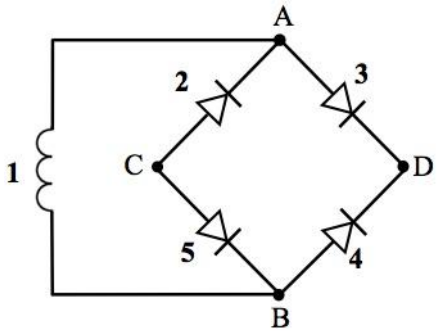
Vraag 1.3.3

Is het mogelijk om uit je data de drempelspanning (grenswaarde) voor geleiding van de LED te vinden? Zoja, geef deze drempelwaarde aan.

- **Geef je antwoord op het antwoordblad, vak 1.3.3.**

Vraag 1.3.4

Verbreek de verbinding van de LED met het golfgeneratormodel. Bouw het brug-gelijkrichter circuit op (wees voorzichtig om de glazen behuizing van de diodeaansluitingen niet te breken) volgens onderstaand schema (gebruik het breadboard) en verbind deze met de spoel met 6000 windingen (ook aangegeven in het schema). Indien nodig kun je één (maar níet meer) extra diode krijgen, maar dat kost je wel punten.



Figuur 2 - 6 – Schema voor de brug-gelijkrichter schakeling. Het circuit is samengesteld uit de golfgenerator-spoel (1) en vier diodes (2, 3, 4 en 5).

Vraag 1.3.4a

Bovenop de 4 geleverde diodes mag je 1 extra diode gebruiken (om een gebroken diode te vervangen) op verzoek aan een zaalassistent. Niet meer dan één extra diode kan worden gebruikt en als je ervan gebruik maakt verlies je 2 punten als je vraagt om de extra diode.

- **Als een extra diode wordt gebruikt dien je het op te schrijven op het antwoordblad, vak 1.3.4a. Zowel jij als de zaalassistent zal de verklaring ondertekenen. Je verliest hierbij 2 punten.**

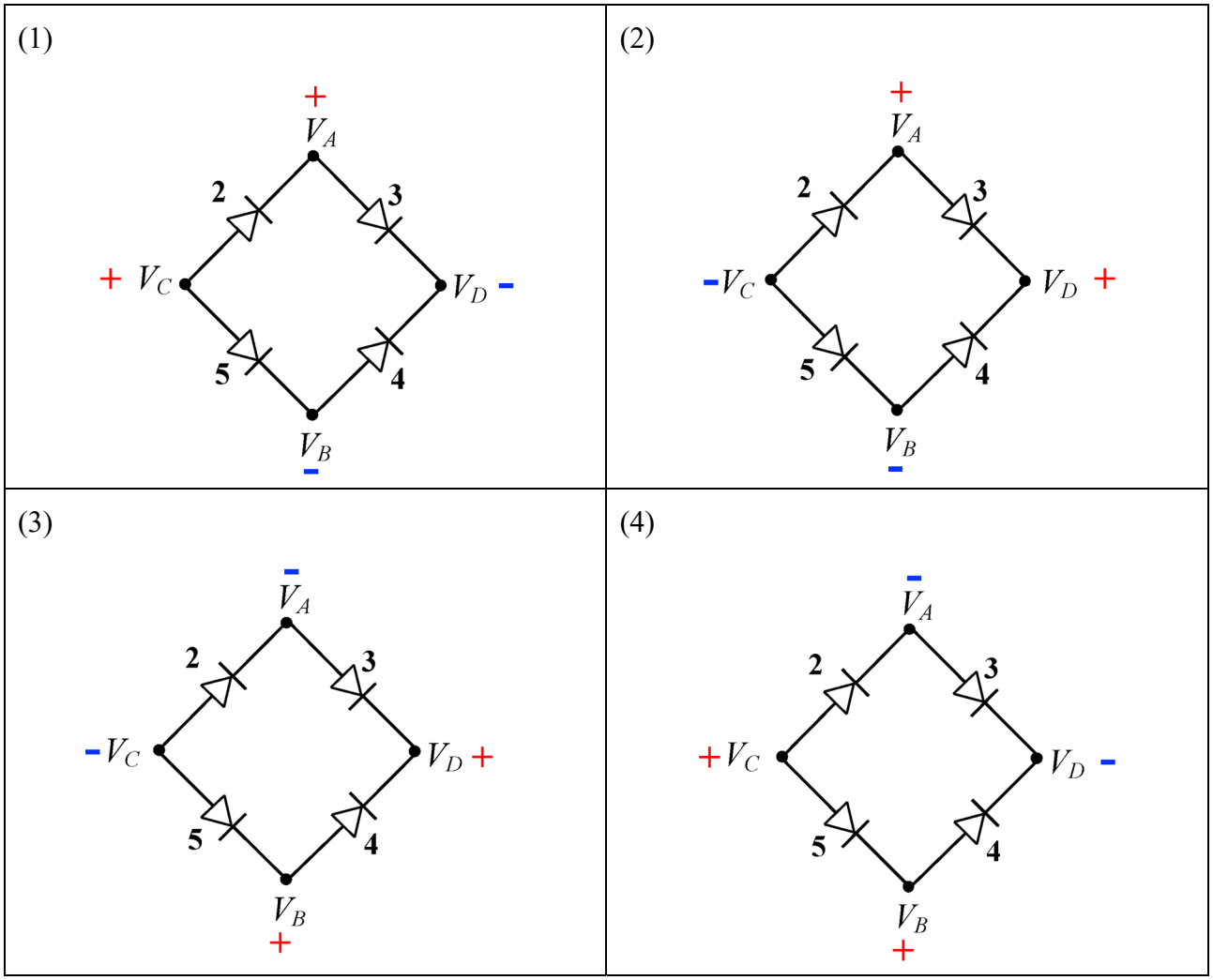
Vraag 1.3.4b

Verbind de spanningssensor om de spanning 1 seconde lang te analyseren tussen punt A en B ($V_{gen}(t)$, startend vanaf de referentie) opgewekt met M1 in het massa-veer systeem en een uitwijking $A = 3$ cm gegeven aan de veer. Herhaal de procedure, maar verbind dit keer de spanningssensor tussen punt C en D ($V_{\text{brug}}(t)$).

- **Maak een schets van $V_{gen}(t)$ en $V_{brug}(t)$ startend van de referentie en gedurende een tijdsinterval van 1 s (neem ook schalen op in de assen).**

Vraag 1.3.5

In de volgende schema's geven de tekens (+) en (–) polariteiten weer. Welk(e) schema('s) geeft (geven) het juiste verband weer tussen de DC uitgangsspanning van de brug (tussen punt C en D) en de AC ingangsspanning van de brug (tussen punt A en B)?



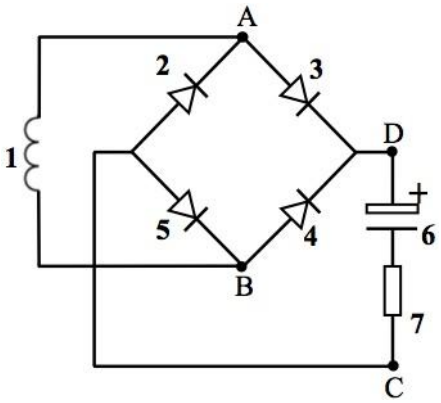
- **Omcirkel het nummer (de nummers) van het correcte schema (de correcte schema's) op het antwoordblad, vak 1.3.5**

Condensator opladen

Je gaat een elektrolytische condensator gebruiken elektrische energieopslag. Deze component heeft het vermogen om lading op te slaan als een spanning wordt aangelegd aan zijn aansluitingen. In de volgende experimenten die je met het golfgeneratormodel gaat uitvoeren, wordt slechts een kleine hoeveelheid lading opgeslagen. Daarom is het veilig om de condensator te ontladen door zijn aansluitingen te verbinden met een geleidende draad. Gebruik deze procedure telkens wanneer je je condensator ontladen wil hebben.

Vraag 1.3.6

Verbind de RC serieschakeling – de elektrolytische condensator in serie met de weerstand (om de stroom te beperken) – met de brug-gelijkrichter zoals getoond in Figuur 2-7.



Figuur 2 - 7 – Schakelschema om de serieschakeling van elektrolytische condensator (6) en weerstand (7) met de brug-gelijkrichter te verbinden.

Vraag 1.3.6a

Ontlaad de condensator. Verbind de spanningssensor om de spanning tussen punt A en B ($V_{gen}(t)$) gedurende 10 s te analyseren. Gebruik M1 en een uitwijking A =3 cm. Sla je data op.

- **Maak een schets van $V_{gen}(t)$ startend van de referentie en gedurende een tijdsinterval van 3 s, in vak 1.3.6a op het antwoordblad (maak ook een schaalindeling op de assen).**

Vraag 1.3.6b

Ontlaad je condensator. Verbind de spanningssensor om de condensatorspanning $V_C(t)$ gedurende 10 s te analyseren. Gebruik M1 en uitwijking $A = 3$ cm.

- **Maak een schets van $V_C(t)$ startend van de referentie gedurende een tijdsinterval van 10 s, in vak 1.3.6b op het antwoordblad (maak ook een schaalindeling op de assen).**

Wat is de waarde V_{CT} die door $V_C(t)$ wordt bereikt na de eerste oscillatieperiode?

- **Geef de waarde van V_{CT} aan in de schets en schrijf de numerieke waarde onder de schets op het antwoordblad, vak 1.3.6.**

Vraag 1.3.7

Merk op dat de maxima van $V_{gen}(t)$ afnemen met de tijd, m.a.w. de spanningsamplitude neemt af met de tijd. De V_0-afname is bij benadering exponentieel:

$$V_0(t) = V_1 \exp(-\gamma t) + V_2 \;\Leftrightarrow\; \ln(V_0 - V_2) = -\gamma t + \ln(V_1),$$

waarbij V_1, V_2 en γ constanten zijn. γ is de dempingsconstante en karakteriseert de mate van energieverlies.

Haal uit je experimentele data de waarde van V_2 en van een set van (V_0, t)-paren.

- **Schrijf de waarden op in tabel 1.3 op het antwoordblad.**

Vraag 1.3.8

Gebruik de TI_Nspire software (zie Appendix 4) om twee "manual columns" te maken met de waarden genoteerd bij 1.3.7. Maak een "calculated column" met de waarden van $\ln(V_0 - V_2)$ en vul de laatste kolom in van tabel 1.3.7. Teken de grafiek van $\ln(V_0 - V_2)$ als functie van tijd.

- **Vul tabel 1.3 met de waarden berekend voor $\ln(V_0 - V_2)$.**

Vraag 1.3.9

Maak een lineaire fit voor je geplotte data met de TI-Nspire software (zie Appendix 4).

- **Noteer de lineaire fitparameters en de fitkwaliteit parameter r^2 die door de software wordt gegeven op het antwoordblad, vak 1.3.9.**
- **Geef je waarde voor γ op het antwoordblad, vak 1.3.9.**

Vraag 1.3.10

Als V_0 afneemt, neemt ook A (de amplitude van de mechanische oscillatie van het massa-veer systeem) af en verliest het systeem energie. Beide worden bij benadering gekarakteriseerd door dezelfde dempingsconstante γ:

$$A(t) = A_0 \exp(-\gamma t),$$

met A_0 de initiële amplitude.

De efficiëntie η van je golfgeneratormodel, werkend in de bovenstaande conditie voor de opslag van energie, is de verhouding tussen de energie opgeslagen in de condensator en de energie verloren door het massa-veer systeem.

Bereken de energie opgeslagen in de condensator E_C en de energie verloren door het massa-veer systeem (ΔE_{elast}) tijdens de eerste oscillatieperiode. Bepaal de corresponderende energieomzettingsefficiëntie η.

- **Schrijf je antwoorden op op het antwoordblad, vak 1.3.10.**

Vraag 1.3.11

In de open zee brengen golven continu energie over naar de translator. Zie je een eenvoudige manier om hetzelfde te doen met het massa-veer systeem? Pas je idee toe om $V_C(t)$ tot 3 V te laten toenemen. Verbind vervolgens de RC-serieschakeling met de LED om deze te doen oplichten. Licht de LED voor een tijdje op? Zo ja, vraag een zaalassistent om hem/haar dit te laten zien.

- **Geef je antwoord op het antwoordblad, vak 1.3.11. Als het antwoord ja is dienen jij en de zaalassistent te tekenen.**

OPDRACHT 2 - 2: MARIENE BIODIVERSITEIT EN "RESOURCES"

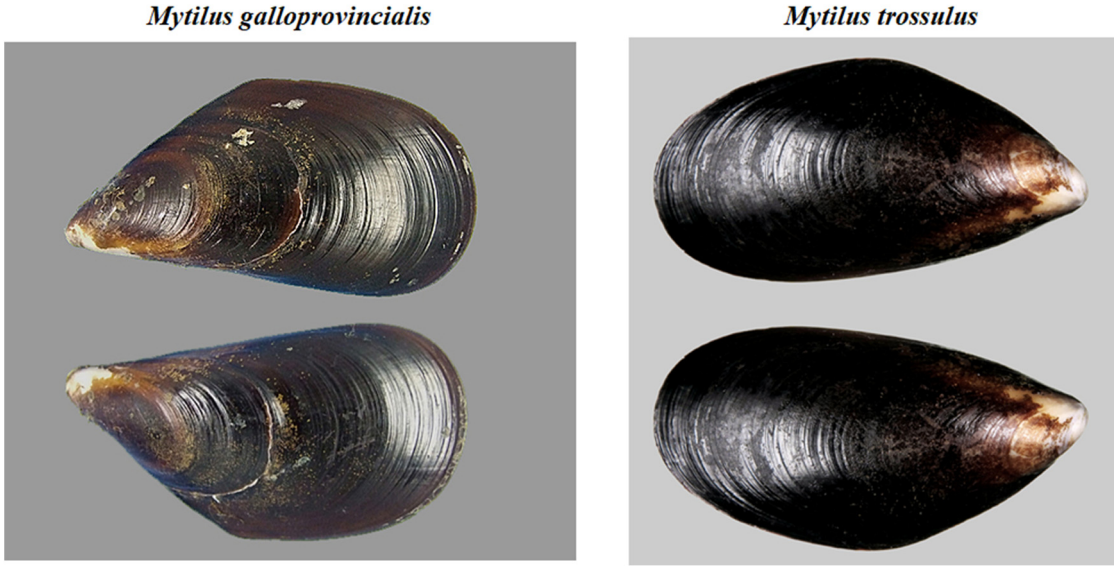
Je gaat nu onderzoek doen aan een populatie aanwezig in het ecosysteem in de buurt van de golfgenerator. Het gaat om biologische monsters die Isabel en Vasco in de zee hebben verzameld.

Deze opdracht omvat een agarose gel electroforese, die tenminste een uur duurt.
Doe tijdens het lopen van de gel ander werk zodat je niet in tijdnood komt

2.1. Identificatie van tweekleppigen

Inleiding

Isabel en Vasco zijn geïnteresseerd in de mossels die vast zitten op de golfgenerator. Om ze te identificeren gebruiken ze een gids over tweekleppigen met plaatjes van mossels. De mossels op de golfgenerator blijken te behoren tot de soort *Mytilus galloprovincialis* (*M. galloprovincialis*) of de soort *Mytilus trossulus* (*M. trossulus*). Die blijken makkelijk geslachtelijk te kruisen en dan krijg je dus hybriden. Als je gebruik maakt van morfologische kenmerken is het lastig de twee mosselsoorten uit elkaar te houden. Kijk maar naar afbeelding 2-2.1.
Maar met behulp van hun DNA gaat dat prima. Daar ga je Isabel en Vasco bij helpen. Er blijkt een zeer duidelijk (significant) verschil te zijn in het gen dat bij de beide mosselsoorten codeert voor een voet-eiwit. Dat is het eiwit dat betrokken is bij het vastkleven (hechten) van de mossels aan ondergronden. Dat gebeurt met zogenaamde byssusdraden. Bij *M. galloprovincialis* is sprake van een *deletie* (ontbreken van nucleotiden) in het het stukje DNA dat codeert voor het gen dat het hechtende voetwit aanmaakt.



Afb 2 - 2.1 – foto van beide mosselsoorten.

Kijk eventueel voor meer uitleg naar wat er staat in Appendix 5.
Woorden voorzien van een sterretje (*) zijn daar uitgelegd.

Als gevolg van de deletie in het gen van één van beide mossels is het mogelijk beide mosselsoorten van elkaar te onderscheiden door gebruik te maken van PCR*, als je geschikte primers* gebruikt.

Bij het PCR proces ontstaan fragmenten van verschillende lengte en dat laatste hangt af van de gebruikte mosselsoort. In dat geval levert *M. trossulus* langere fragmenten (meer baseparen) en *M. galloprovincialis* kortere fragmenten (minder baseparen). Het verschil is duidelijk zichtbaar bij een agarose gel elektroforese.

Isabel en Vasco hebben al eerder een PCR* gedaan met DNA van drie mosselsoorten (A, B and C), gebruikmakend van een mengsel van twee paar aan verschillende kanten hechtende primers*: het ene paar voorwaarts (forward) en het andere paar achterwaarts (reverse).

Het ene primer* paar geeft bij het PCR proces fragmenten van het gen dat codeert voor het hechtende eiwit. De ontstane fragmenten hebben verschillende lengte, en dat hangt af van de mosselsoorten. Het andere primer* paar levert een DNA volgorde die in beide soorten aanwezig is met kortere producten en die bruikbaar zijn als positieve controle.

Je hebt deze PCR* producten in buizen gemerkt met A, B en C en ze staan in ijs. Voor het zichtbaar maken van de PCR* producten moet je een agarose cel elektroforese doen met een DNA kleurstof, die zichtbaar is onder UV licht.

Voorts moet je als referentie om moleclaire massa's te kunnen vergelijken een "run" doen met een zogenaamde *DNA molecular weight ladder**. Wat dat is staat in Appendix 5.

Om Isabel en Vasco te helpen bij het identificeren van de mossels ga je van PCR* gebruik maken.

Materialen en benodigdheden

- 5 buizen in ijs met PCR producten DNA A, B en C (gelabeld met "**A**", "**B**" en "**C**"), DNA ladder (gelabeld met "**L**") en Oranje G loading buffer (gelabeld met "**LB**")
- 10 lege 1,5 mL buisjes in rekje
- Micropipet van 1000 µL, 200 µL en 20 µL
- Doosje met 20-200 µL puntjes voor micropipet
- Doosje met 1000 µL puntjes voor micropipet
- Electroforese gel apparaat met een 1,5% agarose gel en TBE 0,1X buffer
- Erlenmeyer met TBE 0,1X buffer oplossing (gelabeld met "**TBE 0.1X**")
- Microcentrifuge, één voor ieder landenteam
- UV lichtbak, dat je met andere teams moet delen (die staat in een andere ruimte en te gebruiken met hulp van een Labassistent).

Mocht er iets fout gaan waardoor je uit bovenstaande lijst nieuwe spullen/materialen nodig hebt, dan kost je dat 5 punten. Nieuwe DNA monsters kosten 10 punten.

2 - 2.1.1. klaar maken van de monsters (stalen) van pcr-producten voor de gel elektroforese.

1. Neem 4 schone 1,5 mL buisjes en maak de benodigde PCR* producten A, B en C en de DNA ladder op de volgende manier.

   Buisje I: 15 µL PCR product van DNA A + 3 µL Orange G loading buffer*

   Buisje II: 15 µL PCR product van DNA B + 3 µL of Orange G loading buffer*

   Buisje III: 15 µL PCR product van DNA C + 3 µL of Orange G loading buffer*

   Buisje IV: 15 µL DNA ladder + 3 µL of Orange G loading buffer*

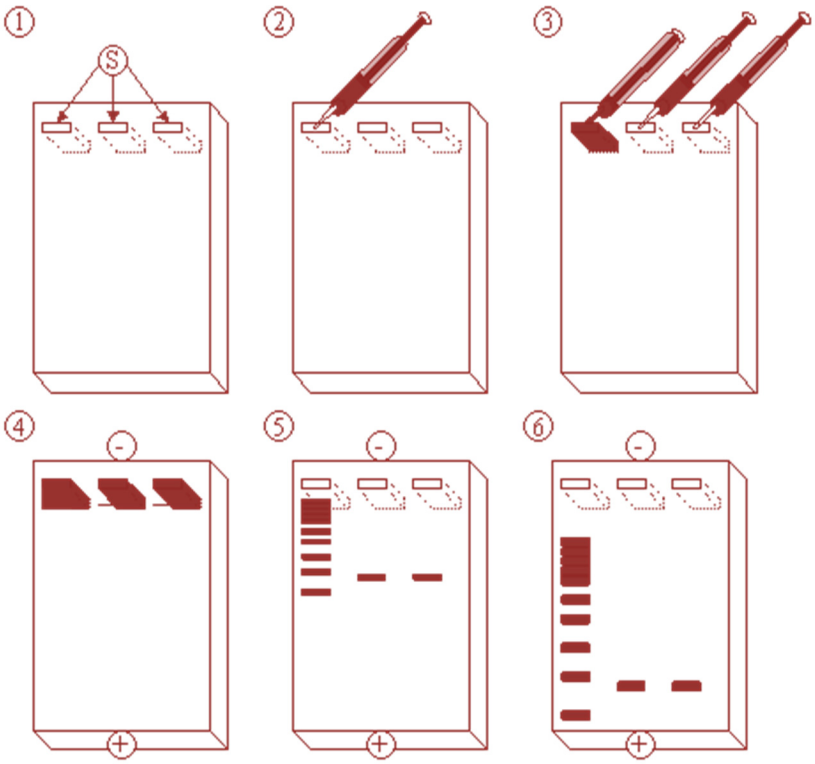
2. Vraag hulp aan een zaalassistent om je mengsel even kort te homogeniseren met een microcentrifuge.

2 - 2.1.2. Aanbrengen van de monsters op de agaraose gel.

Op je werkplek vind je een electroforese apparaat met een 1,5% agarose gel ondergedompeld in buffervloeistof. Voeg een beetje extrabuffervloeistof toe als de gel niet helemaal is ondergedompeld.

Breng de 18 µL van ieder monster dus van I t/m IV over in de juiste uitsparingen (slotjes, eng: well) van de gel. Doe dat voorzichtig in het midden en met de juiste micropipet. Zorg er voor dat ieder monster in een ander slotje komt. Vervang steeds het puntje na ieder monster. Er zijn meer slotjes (8) dan nodig. Dus er zijn een paar reserve voor het geval er iets bij het aanbrengen fout gaat. Als je wilt kun je ook slotjes overslaan.

Zie ook afbeelding 2 – 2.2 en denk erom: **Wees voorzichig met de gel, niet beschadigen.**



Afb 2 -2.2 Schematische voorstelling van het elektroforese proces.

2 - 2.1.3. Uitvoering Elektroforese

Voor je begint met de elektroforese moet je er zeker van zijn dat alle monsters zijn aangebracht, de gel volledig in de buffer is ondergedompeld en dat de slotjes zitten bij de zwarte elektrode (de minpool). Doe de deksel er weer op en start de elektroforese. Na een paar minuten moet je in ieder laantje een oranje bandje zien weglopen van de slotjes. Controleer of er gasbelletjes ontstaan bij de plus (rode positieve elektrode). Mocht dat niet zo zijn vraag dan de zaalassistent om hulp.

Vraag 2.1a

- **Maak vraag 2.1a op het antwoordblad**
  (geef aan welk PCR product in welk laantje zit)

2 - 2.1.4. Analyse van de gel

Na één uur moet je elektroforese klaar zijn. Vraag een zaalassistent om dit te controleren. Ga vervolgens met de assistent naar de lichtbak met UV lamp, die in een andere ruimte is. Als het goed is zie je dan mooie bandjes onder de UV lamp.

1. De zaalassistent zal er een foto van maken en die bevestigen op je antwoordblad.
   Mocht je in tijdnood komen laat er dan toch een foto maken.

Vraag 2.1b

Dit betreft de bevestiging van de foto van je gel op het antwoordblad

2. Op dat moment krijg je van de zaalassistent een schematische afbeelding van de gel die overeenkomt met de jouwe, d.w.z. dezelfde PCR producten en onder dezelfde omstandigheden gemaakt.

Gebruik deze afbeelding om **vraag 2.1c t/m g** te maken. Zie antwoordblad.
Ga er van uit dat beide mosselsoorten aanwezig zijn in de verkregen monsters.

Maak vervolgens ook de **vragen 2.1.h t/m l** op het antwoordblad.

2 - 2.2. Diversiteit van de mariene bacteriën op de golfgenerator

De onderzoeksgroep van Isabel en Vasco was ook geïnteresseerd in de aard van de diverse bacteriepopulaties die voorkomen op de generator. Hiervoor verzamelden ze oppervlaktemateriaal van de generator.

Materiaal en uitrusting

- Een 1,5 mL reageerbuisje (gelabeld "**MB**") in het rekje
- 1 Neubauer-kamer met dekglaasje
- 1 lichtmicroscoop
- Micropipetten: 1000 µL, 200 µL en 20 µL (1 stuks van elk)
- Puntjes voor de 20 en 200 µL micropipetten, 1 doos
- Puntjes voor de 1000 µL micropipet, 1 doos (ook te gebruiken voor opdracht 2 - 3)
- Immersieolie (gelabeld "**Immersion Oil**"), 1 stuks
- 1 Calculator
- 1 manuele teller
- Eén petrischaal met mariene bacteriën "A" (gelabeld "**A**")
- Eén petrischaal met mariene bacteriën "B" (gelabeld "**B**")
- Eén micropreparaat van de Gram-kleuring van bacteriën type"A" (gelabeld "**A**")
- Eén micropreparaat van de Gram-kleuring van bacteriën type"B" (gelabeld "**B**")
- 10 steriele ent-ogen
- Eén 1,5 mL reageerbuisje met H_2O_2 (3%), (gelabeld "**H_2O_2**") in het rekje
- 1 doosje schone voorwerpglaasjes
- 1 Pincet
- Oxidase schijfjes in een kleine petrischaal, 3 stuks (gelabeld "**OX**")
- Eén reageerbuisje met 5 mL bacteriecultuur "A" (gelabeld "**A**")
- Eén reageerbuisje met 5 mL bacteriecultuur "B" (gelabeld "**B**")

Gaat er iets fout en wil je nieuw materiaal krijgen dan kost je dit telkens 5 punten. Nieuwe micropreparaten van Gram gekleurde bacteriën kosten je 10 punten. Ook het breken van een Neubauer kamer kost je 10 punten.

2 - 2.2.1. Tellen van bacteriecellen

Nu ga je Isabel en Vasco helpen! Eerst ga je bepalen hoeveel bacteriën je van het oppervlak van de generator verzameld hebt. Hiervoor ga je gebruik maken van twee methodes (Neubauer kamer en het bepalen van het aantal levensvatbare cellen). Zo moet je er uiteindelijk in slagen conclusies te trekken over je experimenten.

2 - 2.2.1.1. Totaal aantal bacteriën (Neubauer kamer)

Een monster ("MB"), verzameld van het oppervlak van de golfgenerator, werd eerst 10 x verdund tot een concentratie die het tellen makkelijker maakt.

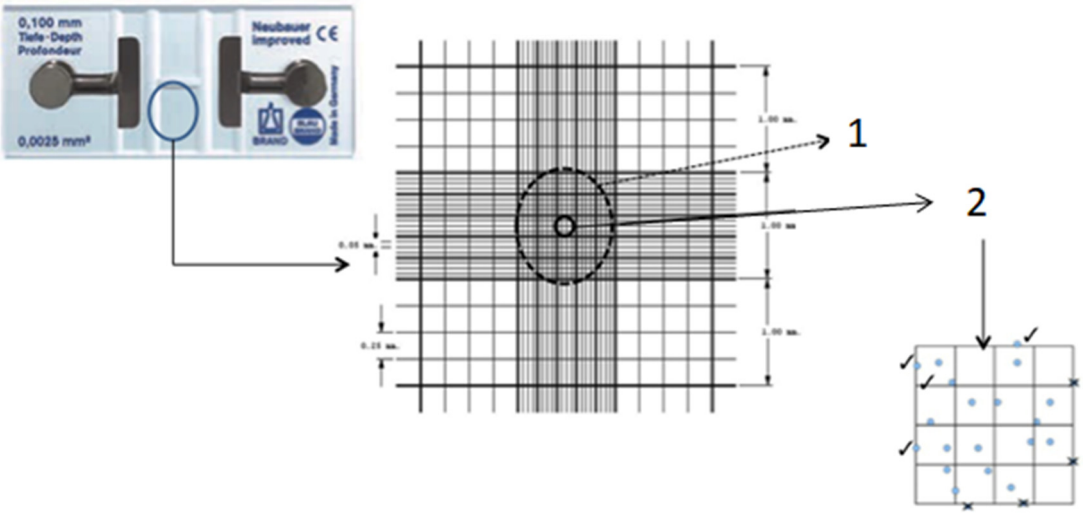
Bereiding van het preparaat en tellen van de cellen

1. Plaats het schone dekglas op het het centrum van de Neubauer kamer.
2. Meng het monster met een micropipet door afwisselend de zuiger op en neer te bewegen.
3. Doe met een micropripet ~100 µL in de Neubauer kamer. Dit doe je door het uiteinde van het puntje op de rand van de kamer te plaatsen (in de linkergroef van de kamer) en langzaam de vloeistof in de kamer te laten vloeien tot deze gevuld is (vermijd luchtbellen!).
4. Plaats de kamer op de voorwerptafel van de microscoop en stel scherp bij een 100× vergroting. Je zou nu een groot centraal vierkant moeten zien, verdeeld in 25 kleine vierkanten.
5. Stel nu de vergroting in op 400×. Om de cellen duidelijk waar te nemen, kan het nodig zijn het diafragma van de condensor wat te sluiten. Tel nu het aantal bacteriën in 5 kleine cellen (elk nogmaals verdeeld in 16 kleinere vierkantjes (Figuur 2 – 2.3)
6. Maak voor het tellen gebruik van de manuele teller.

Volg deze criteria:

1) Voor cellen die op de rand van een vierkantje liggen: tel alleen de cellen die op de boven- en linkerrand liggen en NIET de cellen die op de rechter- en onderrand liggen. (Figuur 2 - 2.3.);

2) Cellen kunnen de neiging vertonen samen te klitten. Deze mogen niet geteld worden.



Figuur 2 - 2.3 – Algemene kenmerken van de Neubauer kamer.
1 – Groot centraal vierkant (100×);
2 – Klein vierkant (400×) (verdeeld in 16 kleinere vierkantjes)

Vraag 2.2.a.

Gebruik de resultaten om de tabel in te vullen en bereken het aantal cellen per mL.

- **Noteer je antwoord bij 2.2.a op je antwoordblad.**

2 - 2.2.1.2. Schatting van het aantal levensvatbare cellen

Van het monster "MB", afkomstig van het oppervlak van de generator, werd een verdunningsreeks gemaakt met steriel zeewater. Als cultuurmedium werd mariene agar gebruikt; de platen werden geïnoculeerd met 100 µL van het preparaat en vervolgens gedurende een week geïncubeerd bij kamertemperatuur. Voor elke verdunning werd het aantal bacteriekolonies geteld en de resultaten zijn weergegeven in de onderstaande tabel:

	Verdunningsreeks van het monster "MB"		
	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
Aantal kolonies	210	20	2

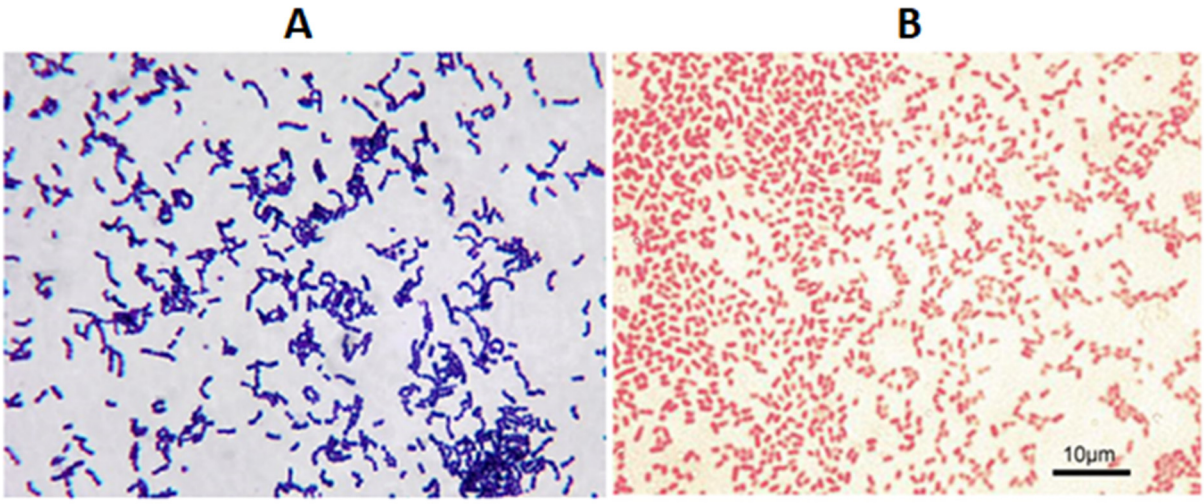
Vraag 2.2.b.

Bereken het totaal aantal levensvatbare bacteriën per mL. Druk het resultaat uit in CFU (colony forming units) per mL (originele oplossing). Noteer niet alleen het antwoord, maar laat op het antwoordblad ook de stappen zien die je hebt gemaakt.

- **Noteer je antwoord bij 2.2.b op je antwoordblad.**

2 - 2.2.2. Gram-kleuring van bacteriën op het generatoroppervlak

Gram-kleuring is een kleuringstechniek waarmee bacteriën in twee groepen worden opgesplitst, namelijk Gram-positieve en Gram-negatieve. De werkwijze is gebaseerd op de mogelijkheid van bepaalde bacteriën om de gebruikte kleurstoffen vast te houden. Gram–negatieve bacteriën worden ontkleurd door alcohol doordat ze de eerst gebruikte kleurstof (kristalviolet) verliezen. Gram–positieve bacteriën worden niet ontkleurd door alcohol en zullen hun purperen kleur behouden. Na de ontkleuring van de Gram-negatieve bacteriën wordt de tegenkleur saffranine gebruikt om ze beter zichtbaar te maken (Figuur 2 - 2.4.).



Figuur 2 - 2.4 – Gram-kleuring van Gram-positieve (A) en van Gram-negatieve (B) bacteriën.

Van de meest voorkomende bacteriën op de generator werden uitstrijkpreparaten gemaakt op mariene agar platen. Wij kozen hiervan de twee meest representatieve en die kun je bekijken op je labtafel (gelabeld “A” en “B”). Eveneens op je labtafel vind je twee micropreparaten met een Gram-kleuring van elk (micropreparaat “A” en “B”)

2 - 2.2.2.1. Microscopische observatie van de micropreparaten

Observeer beide preparaten bij respectievelijk een 10× en een 40× vergroting. Voor de observatie bij 100× moet je vooraf een druppel immersie-olie rechtstreeks op het uitstrijkje doen en daarna scherp stellen met de microschroef.

Vraag 2.2.c.

Maak met een pen een tekening van de bacteriën (morfologie en schikking) zoals je ze waarneemt bij een vergroting van 100×. Noteer of er een positieve of negatieve Gramreactie is. Voor de interpretatie van je resultaten kijk je best naar de representatieve foto’s van Gram (+) en Gram (-) in figuur 2 - 2.4.

- **Noteer je antwoord bij vraag 2.2.c op je antwoordblad.**

2 - 2.2.3. Biochemische typering van de bacteriën op de generator

Voor de biochemische test gebruiken we de agarculturen “A” en “B” die we al eerder vermeld hebben.

2 - 2.2.3.1. Katalasetest (antioxidantonderzoek)

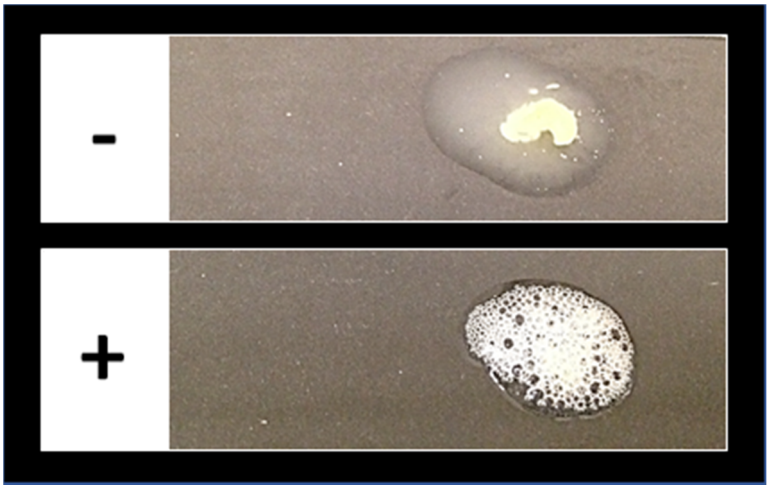
Deze test wordt gebruikt om de activiteit van het enzym katalase te onderzoeken. Dit enzym is nodig om waterstofperoxide (H_2O_2) te ontleden in zuurstofgas en water. De aanwezigheid van het enzym wordt aangetoond wanneer een bacteriecultuur die in contact met een oplossing van H_2O_2 begint te bruisen (te wijten aan het geproduceerde zuurstofgas).

1. Breng met een gesteriliseerd entoog (langgerekt staafje met cirkelvormig oogje op het einde) een beetje van de bacteriecultuur op de plaat over op een schoon voorwerpglas.
2. Voeg enkele druppels H_2O_2 oplossing (3%) toe en kijk of er gasontwikkeling optreedt (bruisen = vrijkomen van O_2). Indien geen gasontwikkeling optreedt is de reactie negatief voor katalase. Vergelijk je resultaten met de foto’s in figuur 2 - 2.5.
3. Gebruik deze werkwijze voor de beide culturen (“A” en “B”).

Vraag 2.2.d

Noteer je resultaten in de tabel waarbij (+) staat voor een positieve test en (-) voor een negatieve.

- **Noteer je antwoord bij vraag 2.2.d op je antwoordblad.**

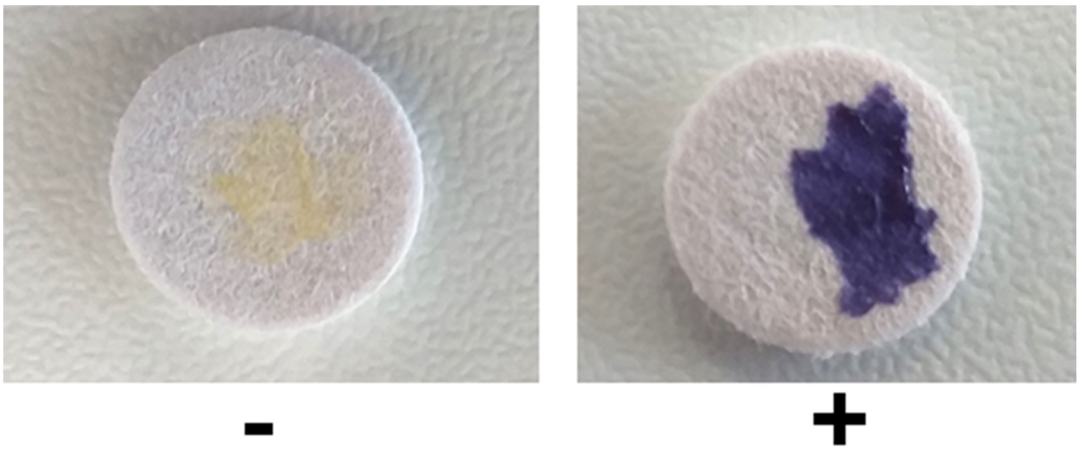


Figuur 2 - 2.5 – Katalasetest met negatief (-) en positief (+) resultaat.

2 - 2.2.3.2. Oxidasetest

Deze test wordt gebruikt om de activiteit van het enzym cytochroom *c* oxidase aan te tonen. Dit enzym is actief in de laatste stap van de elektronentransportketen van de celademhaling. De aanwezigheid van het enzym wordt aangetoond, wanneer de bacteriecultuur het substraat (tetramethyl-*p*-fenyleendiamine dihydrochloride) omzet in indofenol (een purper gekleurd product).

1. Plaats met een pincet een oxidase-schijfje (OX) op een voorwerpglas. Schraap met het gesteriliseerde entoog wat van de bacteriecultuur en breng het materiaal over op het oxidase-schijfje.
2. Noteer het resultaat (+ = ontstaan van purperen kleur; bacteriën produceren het enzym). Bij kamertemperatuur krijg je binnen de twee minuten een verkleuring. Vergelijk je resultaten met de foto's in figuur 2 - 2.6.
3. Gebruik deze werkwijze voor de beide culturen ("A" en "B").



Figuur 2 - 2.6 – Oxidasetest, met negatief (-) en positief (+) resultaat.

Vraag 2.2.e

Noteer je resultaten in de tabel waarbij (+) staat voor een positieve test en (-) voor een negatieve.

- **Noteer je antwoord bij vraag 2.2.e op je antwoordblad.**

2 - 2.2.3.3. Vorming van een biofilm

Het zogenaamde "static microcosms" experiment is een procedure die het mogelijk maakt te bepalen of bacteriën in staat zijn een biofilm te produceren. Biofilms kunnen worden waargenomen op het lucht/vloeistof scheidingsvlak in een reageerbuisje dat 5 mL cultuurmedium (mariene groeibodem) bevat, die daarvóór werd geïnoculeerd met 50 µL van een verse bacteriecultuur en geïncubeerd bij 22 ºC gedurende 1 dag.

1. Observeer zorgvuldig elk van de twee klaargemaakte 'static microcosms' (reageerbuisjes geïnoculeerd met isolaat "A" en "B"). Kun je op het scheidingsvlak lucht/vloeistof een soort van cellulaire massa waarnemen?
2. Raak het scheidingsvlak van de twee klaargemaakte 'static microcosms' aan met een entoog. Kun je met het oog een cellulaire massa vrijmaken? Zo ja, wordt de 'static microcosm' beschouwd als biofilm-positief.
3. Gebruik deze werkwijze voor de beide culturen ("A" en "B")

Vraag 2.2.f

Noteer je resultaten in de tabel waarbij (+) staat voor een positieve test en (-) voor een negatieve.

- **Noteer je antwoord bij 2.2.f op je antwoordblad.**

Vraag 2.2.g.

Welke van de voorgestelde opties is een nadeel van de directe microscopische telwijze van bacteriën?

- **Selecteer de correcte optie bij vraag 2.2.g op je antwoordblad.**

Vraag 2.2.h.

Bij de techniek van het schatten van levensvatbare cellen, stelt elke … een … van het bacteriële monster voor.

- **Selecteer bij vraag 2.2.h de correcte optie om de (...) in te vullen**

Vraag 2.2.i.

Wat is de naam voor de periode tussen de inoculatie van bacteriën in een cultuurmedium en de start van de vermenigvuldiging?

- **Selecteer de correcte optie bij vraag 2.2.i op je antwoordblad.**

Vraag 2.2.j

Wat is de samenstelling van een bacteriële celwand?

- **Selecteer de correcte optie bij vraag 2.2.j op je antwoordblad.**

Vraag 2.2.k

Op welk onderdeel van de cel kun je differentiëren bij de Gram-kleuring?

- **Selecteer de correcte optie bij vraag 2.2.k in je antwoordblad.**

Vraag 2.2.l.

Welke twee celcomponenten komen voor bij bacteriën ?

- **Selecteer de correcte opties bij vraag 2.2.l in je antwoordblad.**

Vraag 2.2.m.

Wat is katalase?

- **Selecteer de correcte optie bij vraag 2.2.m in je antwoordblad.**

Vraag 2.2.n.

Welk voordeel kunnen mariene bacteriën hebben door de productie van een biofilm?

- **Selecteer de correcte optie bij vraag 2.2.n in je antwoordblad.**

TAAK 2 - 3.: BIOTECHNOLOGISCHE TOEPASSINGEN VAN GROENE EN RODE ALGEN

Introductie

Zeewater, grondwater, industrieel gebruikt water en drinkwater zijn vaak verontreinigd met zware metalen. Opname van zware metalen in levend of dood biologisch materiaal is een methode om metalen uit afvalwater te verwijden en/of terug te winnen (biosorptie). Microalgen en zeewier hebben deze eigenschap.

Bij dit onderdeel help je Vasco en Isabel bij het onderzoeken van de biotechnologische toepassingen van twee soorten algen die gevonden zijn in de buurt van de golfgenerator. Je onderzoekt de mogelijkheden van deze twee algen om zink te op te nemen.

Monsters van de groene algen *Ulva* sp. *e*n de rode algen *Gymnogongrus* sp. werden verzameld. Daarna werden de algen gezuiverd, intensief gewassen, gedurende 72 uur gedroogd bij 60 ºC en vermalen. Vervolgens werden de algen in afgesloten flessen bewaard.

Figuur 2 - 3.1 – Groene algen *Ulva* sp. en rode algen *Gymnogongrus* sp.

2 - 3.1. Biosorptie isothermen

Je gaat de zinkopname door rode en groene algen bepalen om te achterhalen welke algen het beste gebruikt kunnen worden om zware metalen uit water te halen. Je gaat hiervoor zinkoplossingen maken met verschillende concentraties. Verder gebruik je monsters van groene en rode algen. De algenmonsters en zinkoplossingen worden samen met andere oplossingen gedurende enige tijd geroerd en vervolgens wordt de zinkconcentratie in de overgebleven oplossing bepaald.

Materiaal en benodigdheden

- 50 mL glazen flesjes met 0,05 g vermalen en gedroogde groene algen, 6 stuks
- 50 mL glazen flesjes met 0,05 g vermalen en gedroogde rode algen, 6 stuks
- Volpipetten: 100,00 mL, 25,00 mL, 20,00 mL, van ieders 1
- Volpipetten: 50,00 mL, 10,00 mL, van ieders 2
- Volpipetten: 5,00 mL, 3 stuks
- Pipetteerballon, 1 stuks (gemeenschappelijk gebruik)
- Plastic pasteurpipetten, 3 stuks
- Micropipetten: 1000 µL, 200 µL en 20 µL, van ieders 1
- 20-200 µL puntjes voor micropipetten, 1 doos met 96 puntjes
- 1000 µL puntjes voor micropipetten, 1 doos met 96 puntjes (gedeeld met taak 2 - 2.2)
- 25,00 mL buret, 1 stuks
- 250 mL maatkolf, 5 stuks

- 10 mL maatkolf, 4 stuks
- 500 mL plastic beker voor afval, 2 stuks
- 100 mL erlenmeyer, 2 stuks
- 25 mL bekerglas, 6 stuks
- 4 cm ⌀ trechter, 1 stuks
- Magneetroerder, 2 stuks
- Staafmagneetje, 12 stuks
- 1 cm lengte/2 mL plastic cuvet met deksel, 30 stuks
- 1,3 $g.L^{-1}$ Zincon oplossing, 1,5 mL, met label "**Zincon**"
- Zink(II) standaardoplossing, 500 mL, met label "**Sol P**"
- 0,010 $mol.L^{-1}$ EDTA oplossing, 50 mL, met label "**0.010 $mol.L^{-1}$ EDTA**"
- 0,0050 $mol.L^{-1}$ $MgCl_2$ oplossing, 50 mL, met label "**0.0050 $mol.L^{-1}$ $MgCl_2$**"
- Eriochroomzwart-T oplossing, 5 mL, met label "**ErioT**"
- Natriumcarbonaat-bicarbonaat (Na_2CO_3/$NaHCO_3$) bufferoplossing, pH 10,5; 20 mL, met label "**Na_2CO_3/$NaHCO_3$ pH 10.5**"
- Natriumboraatgebufferde zoutoplossing ($Na_2B_4O_7$), pH 9,0; 5 mL, met label "**$Na_2B_4O_7$ pH 9**"
- 500 mL plastic fles met gedemineraliseerd water, 2 stuks met label "**H_2O**" (deze mag opnieuw gevuld worden zonder dat je strafpunten krijgt)
- Colorimeter, 1 stuks
- TI-Nspire CX rekenmachine, 1 stuks
- Wetenschappelijke rekenmachine TI-30X, 1 stuks (gemeenschappelijk gebruik)
- Klok op de muur (2 per lab)

In het geval dat je aanvullende chemicaliën of glaswerk nodig hebt, vraag dat dan aan de zaalassistent.

Per extra verstrekking krijg je 5 strafpunten, tenzij anders vermeld is. Voor een extra algenmonster krijg je 10 strafpunten.

2 - 3.1.1. Monsters voor de bepaling van het evenwichtsgehalte Zn^{2+}

Het maken van zink(II)verdunningen

Gebruik de standaard zink(II)oplossing (**Sol P**) om 5 verdunningen te maken met de verdunningsfactoren die weergegeven zijn in onderstaande tabel. Deze verdunningen moet je maken in de maatkolven van 250 mL.

*Verdunningsfactoren t.o.v. de standaard zink(II)oplossing (**Sol P**)*				
2.5×	*5×*	*10×*	*25×*	*50×*

Vraag 3.1.1

Bereken de volumes van de **Sol P** oplossing die nodig zijn om de vijf zink(II)verdunningen te maken.

- **Schrijf voor elke verdunning het benodigde volume Sol P oplossing op in tabel 3.1.1 op het antwoordblad.**

N.B. de concentratie van Sol P is onbekend, deze ga je bepalen in sectie 2 - 3.1.2.

1. Schrijf op elke maatkolf van 250 mL een verdunningsfactor (***2.5×***, ***5×***, ***10×***, ***25×***, ***50×***).
2. Gebruik de juiste pipetten en de pipetteerballon (zie Appendix 7) om de benodigde volumes **Sol P** in de maatkolven van 250 mL te pipetteren.
3. Vul de maatkolven aan met gedemineraliseerd water (**H_2O**) tot de maatstreep; gebruik op het eind de plastic pasteurpipetten om nauwkeurig aan te vullen tot de maatstreep.

<u>Het mengen van de zink(II)verdunningen met 6 monsters van groene algen en 6 monsters van rode algen:</u>

1. Schrijf op elk flesje van 50 mL het type (de kleur) alg die hij bevat en de verdunningsfactor van de zink(II)verdunningen die je bij het vorige onderdeel gemaakt hebt (**Sol P**; ***2,5×***; ***5×***; ***10×***; ***25×***; ***50×***). Elke fles bevat 0,050 g algenpoeder.
2. Pipetteer in elk flesje 50 mL van de juiste zink(II)verdunning/de standaardoplossing (**Sol P**; ***2,5×***; ***5×***; ***10×***; ***25×***; ***50×***).

Gebruik dezelfde volpipet van 50 mL voor alle oplossingen. Je hoeft de pipet tussendoor niet schoon te maken. Begin met het pipetteren van 50 mL van de oplossing met de hoogste verdunningsfactor (50x; dus de laagste concentratie) in de juiste fles met rode algen en 50 mL in de juiste fles met groene algen. Ga dan verder met de volgende verdunning (25x), etc., en eindig met Sol P.

Pipetteervolgorde			
Rode algen		Groene algen	
Fles	**Volume (mL)**	**Fles**	**Volume (mL)**
50×	50	*50×*	50
25×	50	*25×*	50
10×	50	*10×*	50
5×	50	*5×*	50
2,5×	50	*2,5×*	50
Sol P	50	*Sol P*	50

3. Doe voorzichtig een magnetisch roerstaafje ('roervlo') in elke fles en roer de inhoud gedurende **minimaal 90 minuten** (kijk op de klok aan de muur) bij kamertemperatuur met behulp van de magneetroerder.

Let op dat je NIET de verwarming aanzet!
Het experiment moet bij kamertemperatuur worden uitgevoerd.

Terwijl de mengsels staan te roeren moet je verdergaan met sectie 2 - 3.1.2 om de zink(II)concentratie van Sol P te bepalen.

4. Stop het roeren na 90 minuten en laat de algen bezinken. Ga dan verder met **2 - 3.1.4.** voor de bepaling van het metaalgehalte.

2 - 3.1.2. Bepaling van de zink(II)concentratie in de standaardoplossing (Sol P)

De standaardoplossing van zink(II) (**Sol P**) is gemaakt door een nauwkeurig afgewogen hoeveelheid $ZnSO_4.7H_2O$ op te lossen tot 500 mL H_2O.

Helaas is het label van de oplossing beschadigd, waardoor het niet meer mogelijk is de massa van de gebruikte hoeveelheid $ZnSO_4.7H_2O$ af te lezen.

Jij moet bepalen welk van de onderstaande vier massa's (a tot d) is gebruikt om de oplossing te maken:

a) 12,50 mg
b) 125,0 mg
c) 1,250 g
d) 12,50 g

Je gaat de massa bepalen door middel van een complexometrische bepaling waarin zink(II) reageert met een overmaat EDTA. De resterende EDTA wordt vervolgens teruggetitreerd met $MgCl_2$. Je gaat op deze manier een waarde voor de zink(II)concentratie (in mol L^{-1} en in mg L^{-1}) in **Sol P** schatten. Je kiest daarna voor de waarde uit de bovenstaande lijst die het beste met de door jouw bepaalde zink(II)concentratie overeenkomt.

Je gaat ethyleendiaminetetra-acetaat (afgekort als EDTA) gebruiken; in een waterige oplossing kan dit viervoudig negatief geladen ion een *complex* met zink vormen: het 'vouwt' zichzelf om positief geladen metaalionen heen. Deze zogenaamde 'chelatiereactie' van EDTA met metaalionen heeft een zeer grote evenwichtsconstante. De reactie verloopt altijd 1-op-1: 1 mol EDTA reageert met 1 mol metaalionen (in dit geval Zn^{2+}).

De reactievergelijking voor de reactie tussen zink(II)ionen en EDTA in water is:

$$Zn^{2+}\,(aq) + EDTA^{4-}\,(aq) \rightleftarrows Zn(EDTA)^{2-}\,(aq)$$

Om het eindpunt van de titratie te kunnen bepalen wordt een zogenaamde 'metallochrome' indicator gebruikt. Metallochrome indicatoren zijn organische verbindingen die van kleur veranderen wanneer ze een complex met een metaalion vormen. In dit experiment ga je hiervoor Eriochroomzwart-T (**ErioT**) gebruiken. In zijn vrije (ongebonden) vorm heeft deze indicator een blauwe kleur. Als hij een complex vormt met Mg^{2+} verkleurt hij naar violet.

Samengevat: je voegt een overmaat EDTA toe aan de standaard zink(II)oplossing (**Sol P**) om ervoor te zorgen dat *alle* zink(II)ionen een complex met EDTA hebben gevormd. Vervolgens voeg je 20 µL

van een oplossing van **ErioT** toe, waardoor de oplossing blauw kleurt, omdat **ErioT** vrij in de oplossing is.

Hierna ga je de overmaat EDTA (terug)titreren met een oplossing van $MgCl_2$ met een bekende concentratie. De magnesium(II)ionen reageren met het EDTA volgens:

$$EDTA^{4-}\ (aq) + Mg^{2+}\ (aq) \rightleftarrows Mg(EDTA)^{2-}\ (aq)$$

Zodra er zoveel magnesium(II) is toegevoegd dat alle EDTA een complex met magnesium heeft gevormd gaat extra toegevoegd magnesium(II) een complex vormen met **ErioT**, waardoor de kleur van de oplossing van blauw verandert naar violet:

$$Mg^{2+}\ (aq) + ErioT\ (aq) \rightleftarrows Mg\text{-}ErioT\ (aq)$$

Het aantal mol $MgCl_2$ dat is toegevoegd totdat de indicator van kleur verandert is gelijk aan het aantal mol EDTA dat in overmaat was ten opzichte van de zink(II)ionen.

Omdat je het totaal aantal mol EDTA weet dat je aan de oplossing hebt toegevoegd en ook het aantal mol $MgCl_2$ uit de terugtitratie, is het nu mogelijk om het aantal mol zink(II)ionen in **Sol P** (en dus ook de concentratie van deze oplossing) te bepalen.

2 - 3.1.3. Titratie van Sol P

In tegenstelling tot wat je geleerd hebt stelt de Portugese organisatie voor om de buret als volgt te vullen: Gebruik de trechter om de buret te vullen tot boven het 0,00 mL maatstreepje met de 0,0050 mol L^{-1} $MgCl_2$ oplossing. Laat nu oplossing uit de buret lopen (in het 500 mL afvalvat) totdat de buret precies tot het 0,00 mL maatstreepje gevuld is.

Let op: zorg ervoor dat je géén luchtbellen in het kraantje van de buret hebt zitten.

Zet twee erlenmeyers van 100 mL klaar en pipetteer in elke erlenmeyer de volgende oplossingen:

1. 5,0 mL van **Sol P**.
2. 10,0 mL van een 0,010 mol L^{-1} EDTA oplossing.
3. 5,0 mL van de natriumcarbonaat-bicarbonaatbuffer met pH 10,5.
4. 20 µL (gebruik de micropipet!) van de **ErioT** oplossing.

Zorg ervoor dat de uitloop van het buretkraantje zo'n 2 cm in de erlenmeyer steekt waarin de oplossing zit die je gaat titreren (maar hij mag NIET in de vloeistof steken!).

Belangrijke tips voor de titratie:

- Je moet twee titraties uitvoeren: een proeftitratie (snel, om een schatting van het eindpunt te maken) en een nauwkeurige titratie.
- Gebruik bij de proeftitratie de tweede erlenmeyer om de kleur van de oplossing te vergelijken, het wordt daarmee makkelijker om het eindpunt te zien.
- Bij de nauwkeurige titratie moet je kleine hoeveelheden $MgCl_2$ oplossing gaan toevoegen als je in de buurt van het eindpunt bent.
- Zorg ervoor dat er geen druppels $MgCl_2$ oplossing achterblijven aan de binnenkant van de erlenmeyer, omdat dit leidt tot een fout in de bepaling.
- Zwenk de erlenmeyer regelmatig nadat je wat $MgCl_2$ oplossing hebt toegevoegd, om de

inhoud goed te mengen.

Vraag 3.1.3.a

Noteer het toegevoegde volume $MgCl_2$ oplossing.

- **Schrijf het toegevoegd volume op bij vraag 3.1.3a op het antwoordblad.**

Vraag 3.1.3.b

Bereken het aantal mol zink(II)ionen in 1,00 L **Sol P** (de molariteit van de oplossing, met als eenheid mol L^{-1}). Geef de waarde met vijf decimalen (getallen achter de komma) nauwkeurig.

- **Schrijf je berekeningen en het resultaat op bij vraag 3.1.3.b op het antwoordblad.**

Vraag 3.1.3.c

Kies op basis van je titratieresultaten en –berekeningen uit de lijst hieronder de correcte massa $ZnSO_4.7H_2O$ die is gebruikt om **0,500 L** van de standaard zink(II)oplossing (**Sol P**) te maken.

a) 12,50 mg
b) 125,0 mg
c) 1,250 g
d) 12,50 g

- **Omcirkel je keuze bij vraag 3.1.3.c op het antwoordblad.**

Vraag 3.1.3.d

Gebruik de waarde die je bij **vraag 3.1.3.c** hebt gekozen om de massa van de zink(II)ionen (in mg) uit te rekenen die in **1,00 L Sol P** zit (de concentratie van **Sol P** in mg L^{-1}). Geef deze waarde met 1 decimaal nauwkeurig.

- **Schrijf je berekeningen en het resultaat op bij vraag 3.1.3.d op het antwoordblad.**

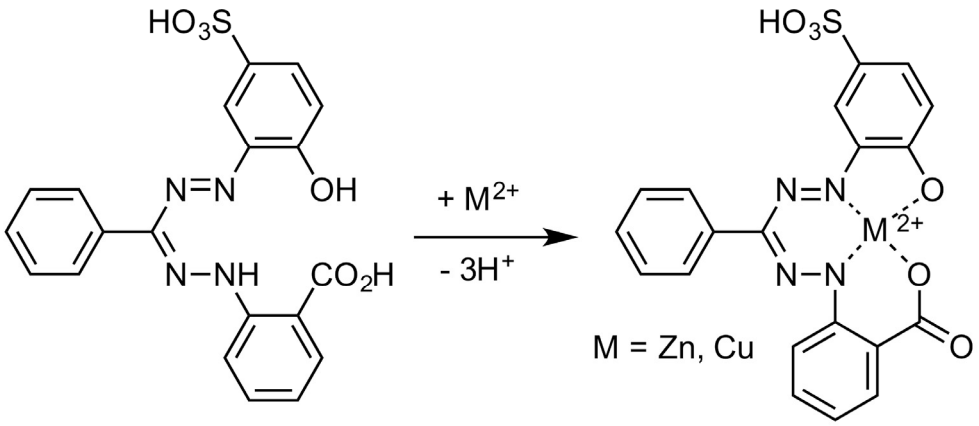
Vraag 3.1.3.e

- **Bereken de initiële zink(II)concentraties (C_i) in de flesjes van 50 mL. Schrijf de berekende waardes op in de tabel bij vraag 3.1.3.e en ook in de tabellen 3.1.5.a en 3.1.5.b (onder vraag 3.1.5.d op het antwoordblad).**

Houd de tijd op de klok goed in de gaten en denk aan het tijdig uitschakelen van het roeren bij het 'biosorptie'-experiment. Om op tijd klaar te zijn, kun je eventueel overgebleven tijd gebruiken om sectie 2 - 3.1.4. en 2 - 3.1.5. goed te lezen, de benodigde materialen klaar te zetten en alle ondersteunende berekeningen vast uit te voeren.

2 - 3.1.4. Bepaling van het metaalgehalte

De concentratie vrije zink(II)ionen in de zink-algmengsels ga je bepalen met behulp van spectroscopie. Zink vormt in een oplossing die is gebufferd op pH 9,0 een blauw complex met *zincon.* De detectielimiet van zink(II) in een complex met zincon is 0,02 mg Zn^{2+} L^{-1}. De extinctie van het blauwe zink-zinconcomplex wordt gemeten bij een golflengte van 635 nm.



Figuur 2 - 3.2 – De vorming van een zinconcomplex met tweewaardig positieve metaalionen.

- Omdat je een breed bereik aan zink(II)concentraties gaat meten moet je een aantal monsters verdunnen voordat je de procedure kunt volgen om de extinctie te meten.
- Gebruik de vier maatkolven van 10 mL om als volgt verdunningen te maken:
  - pipetteer met de micropipet van 200 µL telkens 200 µL van de mengsels van de rode en van de groene algen met **Sol P** en met de 2,5× verdunde **Sol P**, elk apart in een maatkolf van 10 mL. Zorg ervoor dat je alléén vloeistof opzuigt, dus géén algen.
  - Vul de maatkolven op de correcte manier aan met water. Vergeet niet om op de maatkolven te schrijven wat er in zit.

Nu ben je klaar om de meetoplossingen te maken en de metingen uit te gaan voeren:

1. Zet 12 cuvetten klaar, 6 voor elk type alg.
2. Gebruik de juiste micropipet om vloeistof rechtstreeks uit de 50 mL flesjes met zink-algmengsels te zuigen (zorg er weer voor dat je geen algen mee opzuigt) of uit de verdunde monsters die je net gemaakt hebt en pipetteer de vloeistof vervolgens in de cuvetjes, zoals aangegeven in de tabel hieronder. Pipetteer, indien dit staat aangegeven, ook water in de cuvet.

	50×	*25×*	*10×*	*5×*	*2.5×*	*Sol P*
Pipetteer uit:	**Een flesje van 50 mL met zink-algmengsel**	**Een flesje van 50 mL met zink-algmengsel**	**Een flesje van 50 mL met zink-algmengsel**	**Een flesje van 50 mL met zink-algmengsel**	**Een maatkolf van 10 mL**	**Een maatkolf van 10 mL**
Te pipetteren volume	200 µL	100 µL	20 µL	20 µL	200 µL	200 µL
Toe te voegen volume H_2O	0	100 µL	180 µL	180 µL	0	0
Totaal-volume in de cuvet	200 µL	200 µL	200 µL	200 µL	200 µL	200 µL

3. Je hebt nu in totaal 12 cuvetten, 6 voor elk algtype, elk met een totaalvolume van 200 µL.
4. Voeg nu reagentia toe aan de cuvetten in de volgorde die hieronder staat. Meng na elke toevoeging door de cuvet met een dekseltje af te sluiten en even te schudden:
   - 100 µL natriumboraatgebufferde zoutoplossing, pH 9,0
   - 60 µL zinconoplossing
   - 640 µL H_2O
5. Nu bevat elk van de 12 cuvetten een totaalvolume van 1000 µL vloeistof. Sluit de colorimeter aan en kalibreer hem (zie de handleiding voor de vernier colorimeter in Appendix 6). Gebruik een cuvet met water als blanco.
6. Meet de extincties van de 12 verschillende zink-zinconoplossingen bij 635 nm.

Vraag 3.1.4

❖ **Vul in de kolommen A.1 (voor de groene algen) en B.1 (voor de rode algen) in tabel 3.1.4 op het antwoordblad de gemeten extincties in**

2 - 3.1.5. Gegevensanalyse – Biosorptie-isothermen

De wet van Lambert-Beer

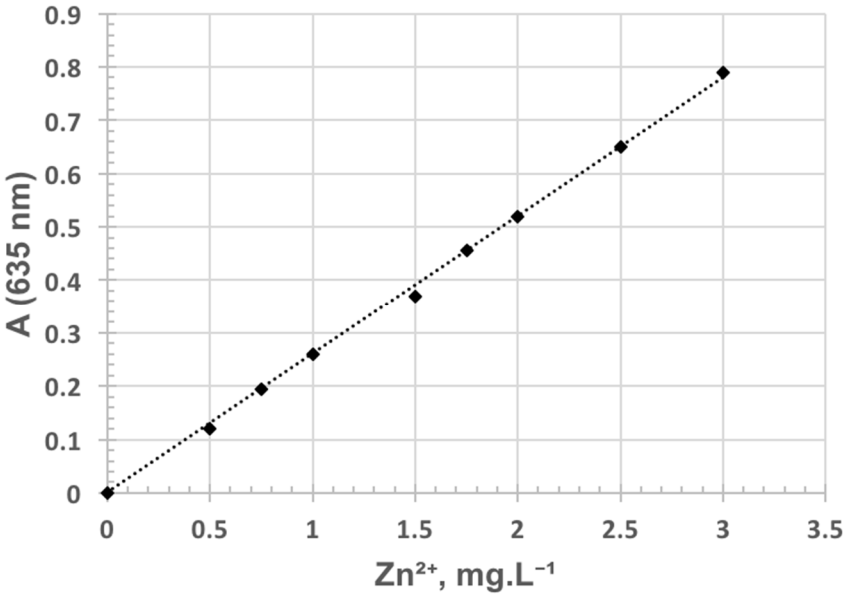
Volgens de wet van Lambert-Beer is de extinctie van een oplossing rechtevenredig met de concentratie volgens:

$$A = \varepsilon c d$$

Voor een gegeven oplossing in een cuvet met een bekende 'dikte' d kun je aannemen dat ε (de extinctiecoëfficiënt) en d constant zijn en dat hun product gelijk is aan k, zodat de vergelijking wordt:

$$A = kc$$

De grafiek op de volgende pagina is een voorbeeld van een kalibratielijn voor zink(II) die is gemaakt met behulp van een bepaalde colorimeter.



Figuur 2 - 3.1.5 – Voorbeeld van een kalibratielijn voor zink(II)

LET OP: Elke colorimeter heeft een eigen karakteristieke kalibratielijn $A = kc$. Bekijk het nummer (#) op jouw colorimeter (Col #) en gebruik de bijbehorende waarde van k voor je berekeningen. Een lijst met de verschillende waarden van k voor alle colorimeters staat in Appendix 6.

Vraag 3.1.5.a

Gebruik de relatie tussen de extinctie en de concentratie van jouw colorimeter om de concentraties zink(II) in de cuvetten te berekenen.

- **Schrijf het nummer van je colorimeter en de bijbehorende waarde van k op bij vraag 3.1.5.a op het antwoordblad.**
- **Gebruik de waarde van k en de wet van Lambert-Beer om de zink(II)concentraties uit te rekenen. Vul de concentraties in in kolommen A.2 en B.2 in tabel 3.1.4.**

Vraag 3.1.5.b

- **Bereken de uiteindelijke zink(II)concentraties (C_f) in de 50 mL flesjes voor: SolP, 5x, 25x en 50x voor beide algtypen. Schrijf telkens de berekening voor één type alg (rood of groen) op in de vakken bij vraag 3.1.5.b op het antwoordblad.**

Vraag 3.1.5.c

- **Bereken de uiteindelijke zink(II)concentraties (C_f) in de overige 50 mL flesjes voor beide algtypen. Vul alle berekende C_f waarden in in tabellen 3.1.5.a en 3.1.5.b op het antwoordblad.**

Vraag 3.1.5.d

De zinkopnamecapaciteit (q) van algen kan worden bepaald na stabilisatie van de zinkconcentratie. De hoeveelheid zink(II)ionen die door de algen uit een oplossing verwijderd (=opgenomen) zijn kan berekend worden uit het verschil tussen de beginconcentratie (C_i) en de eindconcentratie (C_f) van de zink(II)ionen. Door dit verschil te delen door de hoeveelheid algen (C_A) die gebruikt is in het biosorptie-experiment krijg je de opnamecapaciteit:

$$q = \frac{(C_i - C_f)}{C_A} \quad ,$$

waarin C_i en C_f zink(II)concentraties in mg L^{-1} zijn en C_A de hoeveelheid algen g L^{-1}.

- **Bereken C_A en de zinkopnamecapaciteit q voor beide algtypen. Schrijf de waarden op in tabel 3.1.5.a en 3.1.5.b op het antwoordblad.**

2 - 3.1.6. Bepaling van de maximale zink(II)opnamecapaciteit door benadering van een Langmuirisotherm

BELANGRIJK: Om dit op tijd af te krijgen raden we je sterk aan om een van je collega's om assistentie te vragen!

De evaluatie van de biosorptie-eigenschappen van de twee typen algen ga je uitvoeren met behulp van evenwichtsrelaties die ook wel 'adsorptie-isothermen' worden genoemd. In dit geval gebruiken we de Langmuirisotherm om de maximale opnamecapaciteit q_{max} van zink uit te drukken:

$$q = \frac{q_{\text{max}} b C_f}{(1 + bC_f)} \quad ,$$

waarin q de zinkopnamecapaciteit is, q_{max} de maximum zinkopnamecapaciteit (bij verzadiging van de alg met zink(II)), C_f de eindconcentratie van zink(II) in de oplossing (in mg L^{-1}) en b een constante die te maken heeft met de affiniteit van de zink(II)ionen voor adsorptieplekken in de alg (in L mg^{-1}).

De Langmuirisotherm kan makkelijker gebruikt worden in de volgende vorm ('één gedeeld door de linker- en de rechterzijde'):

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{\text{max}}} + \frac{1}{q_{\text{max}} b C_f}$$

Door $\frac{1}{q}$ uit te zetten tegen $\frac{1}{C_f}$ kunnen q_{max} en b worden bepaald uit de helling $m = \frac{1}{q_{\text{max}} b}$ en de y-asafsnede $c = \frac{1}{q_{\text{max}}}$ van de best passende rechte lijn $y = mx + c$ door de meetpunten.

Vraag 3.1.6.a

Bereken de waarden van $\frac{1}{q}$ en $\frac{1}{C_f}$ voor de verschillende zinkconcentraties en voor beide algtypen en zet vervolgens $\frac{1}{q}$ uit tegen $\frac{1}{C_f}$.

- **Schrijf de berekende waardes op in tabel 3.1.5.a en 3.1.5.b op het antwoordblad.**
- **Gebruik het millimeterpapier om twee grafieken van $\frac{1}{q}$ en $\frac{1}{C_f}$ te tekenen voor de twee algtypen (teken twee aparte grafieken, dus niet samen in één figuur, en vergeet niet ze duidelijke namen te geven).**

Vraag 3.1.6.b

Trek vervolgens in beide grafieken de best passende rechte lijnen door de meetpunten.

- **Trek de beste passende rechte lijnen door de meetpunten in de twee grafieken van $\frac{1}{q}$ tegen $\frac{1}{C_f}$. Wees je ervan bewust dat de y-asafsnedes positieve getallen moeten zijn. Als je één of meer punten wilt negeren bij het trekken van de rechte lijn, teken dan een cirkel om het punt / de punten en zet er een X in: ⊗, je krijgt hier wel een strafpunt voor.**

Vraag 3.1.6.c

Bepaal/bereken voor beide algtypen de helling m en de y-asafsnede c van de rechte lijnen die je getrokken hebt.

- **Bereken voor beide algtypen de helling en bepaal de y-asafsnede en schrijf de resultaten op bij vraag 3.1.6.c op het antwoordblad.**

Vraag 3.1.6.d

Bereken ten slotte q_{max} en b als volgt:

$$q_{\text{max}} = \frac{1}{c}$$

en

$$b = \frac{c}{m}$$

- **Schrijf je berekeningen en de resultaten voor q_{max} en b op bij vraag 3.1.6.d op het antwoordblad.**

Vraag 3.1.6.e

Als je uitgaat van je resultaten voor q_{max} en b, welk type alg (rood of groen) zou je dan gebruiken voor het verwijderen van zink(II)ionen uit afvalwater?

- **Maak een keuze uit de lijst bij vraag 3.1.6.e op het antwoordblad.**